

**UNIVERSIDADE DE LISBOA**



**CONTRIBUTO DE UMA ABORDAGEM CTSA PARA A APRENDIZAGEM DO TEMA  
“ATMOSFERA DA TERRA”**

**SANDRA PERES GONÇALVES RIBEIRO**

**RELATÓRIO DA PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA**

**MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO  
E NO ENSINO SECUNDÁRIO**

2014



**UNIVERSIDADE DE LISBOA**



**CONTRIBUTO DE UMA ABORDAGEM CTSA PARA A APRENDIZAGEM DO TEMA  
“ATMOSFERA DA TERRA”**

**SANDRA PERES GONÇALVES RIBEIRO**

**RELATÓRIO DA PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA ORIENTADO PELA  
PROFESSORA DOUTORA MÓNICA LUÍSA MENDES BAPTISTA**

**MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA E QUÍMICA NO 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO  
E NO ENSINO SECUNDÁRIO**

2014





## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Doutora Mónica Baptista, agradeço a enorme disponibilidade e incentivo com que me acompanhou em todas as etapas deste mestrado. Não só o seu vasto conhecimento mas também a sua amizade e entusiasmo foram essenciais para a concretização deste projeto.

À Professora Maria João Domingos, agradeço o apoio, a amizade e a disponibilidade com que me recebeu e acompanhou o meu trabalho. A sua relação com os alunos e conhecimento contribuíram para melhorar a minha visão do que é ser professor.

À Professora Doutora Manuela Rocha, agradeço a disponibilidade e a revisão da fundamentação científica.

Aos alunos que participaram neste trabalho, agradeço a colaboração, a disponibilidade e a forma simpática e aberta com que me receberam. Sem eles não teria sido possível realizar este estudo.

Aos meus colegas de mestrado, em especial à Ana e ao João, agradeço o apoio, a amizade e a partilha que permitiu um crescimento não só pessoal mas profissional. Sem a sua força, alegria e incentivo, o caminho teria sido muito mais difícil.

Aos meus amigos, em especial à Lúcia e ao Zé, que sempre me ajudaram nos momentos mais difíceis. Obrigado pela amizade e por estarem sempre ao meu lado.

A todos que acreditam em mim, em especial à direção do Colégio do Sagrado Coração de Maria, que tornaram possível, desde o primeiro dia, a realização deste mestrado, obrigada.

À minha irmã, agradeço o carinho e o entusiasmo nos momentos em que acreditar era difícil. Ao meu cunhado, o apoio e o incentivo. Aos meus sobrinhos que tornam a minha vida mais feliz, obrigada.

Aos meus queridos pais, que com a sua vida e amor me ensinaram a acreditar e a trabalhar para concretizar todos os sonhos e alcançar a verdadeira felicidade.



## RESUMO

Este trabalho tem como finalidade conhecer de que forma uma abordagem CTSA sobre a unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”, do programa da disciplina de Física e Química A, influencia o desenvolvimento de competências dos alunos. Pretende-se identificar as dificuldades sentidas pelos alunos durante o desenvolvimento de tarefas com uma abordagem CTSA, as aprendizagens que realizam e as estratégias que utilizam para aprenderem, e a avaliação que fazem do uso destas tarefas.

A intervenção decorreu numa turma do 10.º ano, constituída por 30 alunos. Durante a intervenção foram realizadas cinco tarefas de investigação e uma tarefa de *role-play*, todas com uma abordagem CTSA. A intervenção decorreu ao longo de quatro blocos de 90 minutos e dois de 135 minutos. A recolha de dados foi realizada através de entrevistas em grupo focado, documentos escritos e observações de aulas, nomeadamente notas de campo e registos áudio. Os resultados mostraram que os alunos sentiram dificuldades em interpretar questões, utilizar linguagem científica, seleccionar e resumir informação, delinear planos de ação para resolução de um problema, trabalhar em grupo, gerir o tempo e refletir sobre o trabalho desenvolvido. Os resultados também indicaram que os alunos superaram as suas dificuldades, tendo desenvolvido competências do tipo concetual, do tipo processual e do tipo social, atitudinal e axiológico. A pesquisa e seleção de informação e o trabalho em grupo foram algumas das estratégias que os alunos utilizaram para aprenderem. Os resultados mostram também que os alunos consideram que a abordagem CTSA foi importante para a compreensão dos conceitos científicos. Os alunos aprenderam, traduzindo-se no desenvolvimento da sua literacia científica.

**Palavras-chaves:** Abordagem CTSA, Atmosfera da Terra, Desenvolvimento de competências, Educação em ciência, Literacia científica.



## ABSTRACT

The main purpose of this work is to understand how a STSE approach, concerning Earth's atmosphere: radiation, matter and structure, influences the students' development of competences, pointed out in Curricular Guidelines. The aim is thus to identify students' difficulties experienced during the development of tasks based on STSE approach, their learning when working with the tasks, and their view about its' use during the classes of the physical-chemistry discipline.

The work was conducted in a 10<sup>th</sup> grade class, involving 30 students. During this intervention were taught four time-blocks of 90minutes and two of 135minutes. A qualitative research was used in this study. Data collection was done through the use of focus group interviews, written documents and naturalistic observation, namely field notes and audio records.

The results showed that students felt some difficulties namely, interpreting questions, using scientific language, selecting and summarizing information, outlining action plans for problem solving, working in group, managing time and reflecting on the work done. Results also revealed that students overcame their difficulties and developed their competences. Search and select information and work in group were some of students' learning strategies. Results also showed that students consider that the STSE approach was important for their understanding of the scientific concepts. Students learn with the tasks performed, promoting the development of the students scientific literacy.

**Keywords:** STSE approach, Earth's atmosphere, Competences developed, Science education, Scientific literacy.



## ÍNDICE GERAL

<b>ÍNDICE DE QUADROS</b>	<b>----- xiii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>----- xv</b>
 <b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>----- 1</b>
Organização do trabalho	----- 3
 <b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>ENQUADRAMENTO TEÓRICO</b>	<b>----- 5</b>
Educação em ciência	----- 6
Abordagem CTSA	----- 9
Estratégias de ensino	----- 12
Tarefas de investigação	----- 13
Role-play	----- 16
Síntese	----- 18
 <b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>PROPOSTA DIDÁTICA</b>	<b>----- 19</b>
Fundamentação científica	----- 19
Evolução da atmosfera	----- 20
Estrutura da atmosfera	----- 24
Ozono estratosférico	----- 30
Fundamentação didática	----- 38
Contextualização da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”	----- 39
Organização da proposta didática	----- 41
Breve descrição das tarefas	----- 45
Avaliação dos alunos	----- 51
Síntese	----- 53
 <b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>MÉTODOS E PROCEDIMENTOS</b>	<b>----- 55</b>
Método de investigação	----- 55
Participantes	----- 57
Recolha de dados	----- 58
Entrevista	----- 59
Documentos escritos	----- 61
Observação	----- 62
Análise de dados	----- 65
Síntese	----- 68

## **CAPÍTULO 5**

<b>RESULTADOS</b>	69
Dificuldades dos alunos na realização das tarefas que promovem uma abordagem CTSA	69
Competências do tipo conceitual	69
Competências do tipo processual	78
Competências do tipo social, atitudinais e axiológico	83
Aprendizagens realizadas pelos alunos quando desenvolvem tarefas que promovem uma abordagem CTSA e estratégias utilizadas para aprenderem	89
Competências do tipo conceitual	89
Competências do tipo processual	95
Competências do tipo social, atitudinais e axiológico	101
Estratégias	105
Avaliação dos alunos às tarefas que promovem uma abordagem CTSA	110
Relações CTSA	110
Gosto pelas tarefas	112
Síntese	116

## **CAPÍTULO 6**

<b>DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL</b>	117
Discussão dos resultados	117
Conclusão	121
Reflexão final	123

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	125
-----------------------------------	-----

<b>APÊNDICES</b>	131
Apêndice A – Planificação das aulas	133
Apêndice B – Recursos de apoio às aulas: tarefas	143
Apêndice C – Recursos de apoio às aulas: diapositivos da apresentação powerpoint	189
Apêndice D – Instrumentos de avaliação	205
Apêndice E – Guião da entrevista em grupo focado	217



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	
<i>Principais características de cada fase do modelo dos cinco E's (Bybee et al., 2006).</i>	15
Quadro 3.1	
<i>Valores limites de segurança para o ozono (Camões, 2009, p. 31).</i>	32
Quadro 3.2	
<i>Competências de diferentes domínios desenvolvidas e mobilizadas pelos alunos durante a realização das tarefas.</i>	45
Quadro 3.3	
<i>Identificação de cada fase do modelo dos cinco E's nas tarefas de investigação propostas.</i>	48
Quadro 3.4	
<i>Personagens participantes no role-play.</i>	50
Quadro 4.1	
<i>Categorias e subcategorias de análise para as questões em estudo.</i>	67



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1.</i> Essência da Educação em Ciências segundo uma abordagem CTSA. (Adaptado de Fontes & Silva, 2004, p. 43). -----	11
<i>Figura 2.2.</i> Dimensões das tarefas de investigação. (Adaptado de Wellington, 2000, p. 141).-----	14
<i>Figura 3.1.</i> Evolução da provável composição química da atmosfera resultante das erupções vulcânicas até à composição média da atmosfera atual: composição da atmosfera há mais de 4300 milhões de anos (A); há cerca de 3800 milhões de anos (B); há cerca de 2300 milhões de anos (C) e há cerca de 1500 milhões de anos (D). -----	23
<i>Figura 3.2.</i> Diferentes camadas que constituem a atmosfera em função da variação do perfil da temperatura média com a altitude. (Retirado de Camões, 2009, p. 21).-----	24
<i>Figura 3.3.</i> Variação da concentração do ozono em altitude, para regiões de média latitude (a) e correspondente perfil de temperaturas (b). (Adaptado de Mozeto, 2001, p. 43). -----	26
<i>Figura 3.4.</i> Aurora boreal.-----	27
<i>Figura 3.5.</i> Atmosfera terrestre como filtro da radiação proveniente do Sol. (Adaptado de <a href="http://atm-revolution.blogs.sapo.pt/tag/resumos">http://atm-revolution.blogs.sapo.pt/tag/resumos</a> a 29 de janeiro de 2014).-----	28
<i>Figura 3.6.</i> Distribuição da radiação solar que atinge o topo da atmosfera. (Retirado de <a href="http://clictempo.clicrbs.com.br/mclimaticasrbs/perguntas/">http://clictempo.clicrbs.com.br/mclimaticasrbs/perguntas/</a> a 29 de janeiro de 2014).-----	29
<i>Figura 3.7.</i> Concentração do ozono estratosférico e troposférico. (Adaptado de <a href="http://www.risco.com.br/NL/MOL/14/Camada-de-ozonio.htm">http://www.risco.com.br/NL/MOL/14/Camada-de-ozonio.htm</a> a 24 de janeiro de 2014). -----	32
<i>Figura 3.8.</i> Evolução da dimensão do “buraco de ozono” ao longo do tempo, no hemisfério sul (A); Dimensão do “buraco de ozono” no dia 24 de setembro de 2006 (B). (Retirado de <a href="http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/">http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/</a> a 26 de janeiro de 2014). -----	34
<i>Figura 3.9.</i> Variações das concentrações de ClO e O <sub>3</sub> com a latitude. (Adaptado de Chang, 2010, p. 777). -----	36

<i>Figura 3.10.</i> Comparação da dimensão do “buraco de ozono”, no hemisfério norte, em março de 2010 e 2011.(Retirado de <a href="http://atividadesonline.blogspot.pt/2011/04/destruicao-de-ozono-no-arctico.html">http://atividadesonline.blogspot.pt/2011/04/destruicao-de-ozono-no-arctico.html</a> a 26 de janeiro de 2014). -----	38
<i>Figura 3.11.</i> Esquema organizador das subunidades didáticas. Os conceitos desenvolvidos nas tarefas estão identificados com a cor verde. (Adaptado de Martins et al., 2001, p. 45) -----	40
<i>Figura 3.12.</i> Sequência das aulas lecionadas e das tarefas realizadas pelos alunos na abordagem CTSA da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”. -----	43
<i>Figura 5.1.</i> Notícias elaboradas pelos alunos. -----	104

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO

Assiste-se atualmente a transformações nos modos de vida em sociedade consequência do desenvolvimento científico e tecnológico (Magalhães & Vieira, 2006; Martins & Veiga, 1999). Estas alterações conduzem a novas formas de pensar a educação, nomeadamente a educação em ciência, sendo essencial que os alunos desenvolvam competências que os tornem cidadãos cientificamente literatos (Galvão, Reis, Freire & Oliveira, 2006) que consigam mobilizar os conhecimentos em ciência no quotidiano e participar em debates relacionados com questões e problemas socio científicos (Vieira, 2007). A sociedade atual exige a compreensão da ciência não só como “corpo de saberes”, mas enquanto “instituição social” (Galvão et al., 2001).

No século XXI, a ciência e a tecnologia estão cada vez mais presentes na sociedade, existindo uma interdependência global entre a política, economia, ambiente, segurança individual, ciência e tecnologia (Galvão et al., 2006). Esta interdependência chega diariamente até nós de diferentes formas, como por exemplo, através a comunicação social. Um dos pré-requisitos considerados necessários para uma cidadania responsável e ativa é o desenvolvimento da literacia científica dos indivíduos (Solomon, 1995 citado por Fontes & Silva, 2004) que lhes permita entender as questões sociais colocadas pela ciência. A *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) no Project 2061 apresenta a literacia científica como a “capacidade de utilizar o conhecimento científico para fins pessoais e sociais” (Fontes & Silva, 2004, p. 31). No entanto, o conceito de literacia científica não é consensual, embora, envolva a apropriação do conhecimento científico, a compreensão dos procedimentos em ciência e o desenvolvimento de capacidades e de atitudes necessárias a uma cidadania responsável (Reis, 2006).

Para o desenvolvimento da literacia científica é essencial o desenvolvimento de um conjunto de competências a diferentes níveis: conhecimento substantivo, conhecimento processual ou metodológico, conhecimento epistemológico, raciocínio, comunicação e atitudes (Galvão et al., 2001). No entanto, para que os alunos tenham

oportunidade de desenvolver diferentes competências, o professor deve proporcionar um conjunto de experiências educativas diferenciadas, mais flexíveis e abertas às ideias dos alunos, aos seus interesses e necessidades (Galvão et al., 2001) e recorrer a estratégias didáticas que se afastem das tradicionais e que promovam uma abordagem CTSA dos conceitos a trabalhar. A alteração de estratégias pedagógicas de um ensino mais tradicional para outro que envolva ativamente os alunos em sala de aula e os motive pode ser um aspeto a considerar face às crescentes dificuldades que se sentem no ensino das ciências (Osborne & Dillon, 2008). Assim, pode recorrer-se à realização de tarefas de investigação e de discussão científica, possibilitando que os alunos construam o seu próprio conhecimento num contexto social e que comuniquem as suas ideias de diferentes formas.

No programa da disciplina de Física e Química A do ensino secundário, são enumeradas várias estratégias pedagógicas que permitem que os alunos discutam “temas atuais com valor social, nomeadamente, problemas globais que preocupam a humanidade” (Martins et al., 2001, p. 5), analisem e recolham informação relevante, formulem hipóteses e questões, façam observações e avaliem situações, respondam a questões, delineiam estratégias de resolução para problemas e exponham ideias oralmente e/ou por escrito. Desta forma, a abordagem CTSA recomendada no programa da disciplina é imprescindível para desenvolver nos alunos uma alfabetização científica (Membiela, 2001, citado por Fontes & Silva, 2004) e promover o envolvimento dos alunos na aprendizagem, através da análise e discussão de problemas sociais, éticos e políticos atuais a partir de uma perspetiva da ciência e da tecnologia (Magalhães & Vieira, 2006).

As finalidades da educação em ciência têm vindo a sofrer alterações à medida que a mesma abrange níveis mais amplos da população (Fontes & Silva, 2004). Para além de possibilitar que os alunos desenvolvam diferentes tipos de competências, tornando-os cidadãos cientificamente cultos (Cachapuz, Praia & Jorge, 2004), a ciência para todos constitui uma finalidade fundamental em educação em ciência e considera que a aprendizagem em ciência é um processo ativo que se destina a todos os alunos e deve traduzir as “tradições culturais e intelectuais da ciência contemporânea” (NRC, 1996 citado por Galvão et al., 2006, p. 33). Assim, a educação em ciência tem duas finalidades, uma relacionada com o desenvolvimento de competências que potenciem o pensamento crítico dos alunos “na tomada de decisão e na resolução de problemas a

nível pessoal, profissional e social” (Magalhães & Vieira, 2006, p. 86) e outra, com a compreensão das relações entre a Ciência, a Tecnologia e as diferentes esferas da Sociedade (Galvão et al., 2006) e o Ambiente. Pretende-se um ensino das ciências orientado para uma abordagem CTSA e que promova o pensamento crítico e a literacia científica dos alunos.

Neste sentido, este trabalho tem como finalidade conhecer de que forma uma abordagem CTSA sobre a unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura” do programa de disciplina de Física e Química A promove o desenvolvimento de competências dos alunos do 10.º ano de escolaridade, tendo sido identificadas três questões orientadoras:

- Que dificuldades sentem os alunos durante o desenvolvimento das tarefas que promovem uma abordagem CTSA?
- Que aprendizagens realizam os alunos quando desenvolvem tarefas que promovem uma abordagem CTSA? Que estratégias utilizam para aprender?
- Que avaliação fazem os alunos do uso de tarefas que recorrem a uma abordagem CTSA sobre o tema “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”?

### **Organização do trabalho**

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo, faz-se uma breve introdução ao trabalho, contextualiza-se o problema de investigação e apresentam-se as questões orientadoras. O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico e está dividido em três secções. Na primeira, aborda-se a educação em ciência e as suas finalidades. Na segunda, explora-se a importância de uma abordagem CTSA no ensino das ciências e, por fim, na última secção, explicitam-se as estratégias de ensino que podem ser utilizadas em sala de aula, nomeadamente as tarefas de investigação e o *role-play*, tendo em conta as orientações curriculares apresentadas no programa da disciplina de Física e Química A do 10.º ano.

No terceiro capítulo, apresenta-se a proposta didáctica que irá ser desenvolvida na leccionação da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”. Este capítulo está dividido em duas secções: a fundamentação científica e a fundamentação

didática. Na primeira, apresentam-se os principais aspetos teóricos que se vão desenvolver e, na segunda, faz-se o enquadramento das tarefas no programa da disciplina, uma breve descrição das tarefas e o modo como os alunos vão ser avaliados. No capítulo quatro, encontra-se a fundamentação metodológica utilizada neste trabalho. Apresenta-se o método de investigação a utilizar, caracterizam-se os participantes, descrevem-se os instrumentos de recolha de dados utilizados e a forma como vão ser analisados, fazendo referência às categorias e subcategorias de análise que emergiram dos dados recolhidos.

No quinto capítulo, apresentam-se os resultados obtidos no estudo realizado com o objetivo de dar resposta às questões orientadoras. Este capítulo está organizado em três secções, coincidindo cada uma delas com uma questão orientadora. Por fim, no sexto capítulo faz-se uma discussão dos resultados, apresentam-se as conclusões deste trabalho e elabora-se uma reflexão final sobre realização deste estudo, as dificuldades sentidas e as aprendizagens realizadas relevantes para a prática profissional.



# CAPÍTULO 2

---

## ENQUADRAMENTO TEÓRICO

No século XXI um cidadão culto é aquele que possui e consegue mobilizar e integrar um conjunto de conhecimentos em áreas tão distintas como a área das humanidades ou a área científica (Fontes & Silva, 2004). O desenvolvimento científico e tecnológico acelerado e a globalização exigem a formação de indivíduos que detenham um conjunto de competências científicas que os tornem cidadãos informados e capazes de ter um pensamento crítico e uma opinião fundamentada sobre diferentes situações do quotidiano (Galvão et al., 2006). É, assim, necessário implementar dinâmicas de aula, diferentes das aulas tradicionais que promovam um maior envolvimento dos alunos, desenvolvam a criatividade e a autonomia de alunos e professores (Vieira, 2007). É necessário deixar práticas rotineiras, alterar formas mais tradicionais de aprender e modificar a imagem do que é ser aluno e professor (Baptista et al., 2013).

É fundamental desenvolver um ensino em ciência que contemple três dimensões: aprender ciência, aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência (Hodson, 1998 citado por Cachapuz, Praia & Jorge, 2004) e promova a literacia científica dos alunos. A abordagem CTSA permite que os alunos compreendam melhor a ciência e a relacionem com a tecnologia, a sociedade (Fontes & Silva, 2004) e o ambiente, tendo em consideração o direito à informação, a sua capacidade de agir e os seus valores. Por este motivo, a abordagem CTSA é um veículo para a formação de indivíduos literatos cientificamente.

Neste capítulo apresenta-se um enquadramento teórico do problema que orienta este trabalho e está organizado em três secções. Na primeira aborda-se a educação em ciência e as suas finalidades. Nesta secção faz-se referência às orientações curriculares apresentadas no programa da disciplina de Física e Química A do ensino secundário. Na segunda secção são indicadas as principais linhas orientadoras de uma abordagem CTSA nas aulas de ciência, faz-se uma breve referência histórica do movimento CTSA e identificam-se algumas dificuldades na implementação de uma abordagem CTSA na

sala de aula. Na última secção, descrevem-se as principais características das estratégias de ensino utilizadas para implementar uma abordagem CTSA nas aulas de ciência, nomeadamente o ensino por investigação e a utilização de tarefas de *role-play*.

### **Educação em ciência**

A sociedade está em permanente mudança e assiste-se a um enorme desenvolvimento científico e tecnológico (Fontes & Silva, 2004), pelo que a educação em ciência deve dar resposta aos inúmeros desafios que se colocam atualmente pela sociedade (Hilário & Reis, 2009). É necessário substituir a visão tradicional do conhecimento como estável e seguro por uma visão mais complexa que tem que se adaptar constantemente a diferentes contextos (Cachapuz et al., 2004). As alterações que se verificam no âmbito da educação em ciência dependem das transformações que ocorrem na sociedade, consequência do alargamento do ensino das ciências a toda a população (Fontes & Silva, 2004) e da necessidade de formar cidadãos cientificamente cultos (Cachapuz et al., 2004). Assim, as finalidades da educação em ciência estão a alterar-se (Fontes & Silva, 2004), pelo que é fundamental rever o que se ensina e como se ensina ciência (Membeila, 2001, citado por Fontes & Silva, 2004).

Na literatura, são referidos cinco argumentos que justificam o ensino das ciências e que Reis (2004) apresenta: o argumento utilitário, o argumento económico, o argumento cultural, o argumento democrático e o argumento moral. A educação em ciência deve contribuir para que os alunos adquiram conhecimentos e desenvolvam competências que os auxiliem em diversas situações do seu dia-a-dia (argumento utilitário), pois aqueles contribuem para o desenvolvimento de “uma capacidade prática de resolver problemas” (Galvão et al., 2006, p. 18). No entanto, de acordo com Osborne (2000, citado por Reis, 2004) a tecnologia está de tal forma desenvolvida que a dependência do conhecimento científico é diminuta.

Para uma sociedade manter a sua base económica e competitividade internacional necessita de cientistas e engenheiros (argumento económico), pelo que a educação em ciência deve assegurar a formação destes profissionais. O ensino das ciências na escolaridade obrigatória proporciona o início da formação e a seleção dos alunos mais aptos para seguirem a carreira científica (Osborne & Dillon, 2008). No entanto, estes autores contrapõem, referindo que só uma pequena percentagem de alunos escolhe uma

profissão relacionada com a ciência e/ou a tecnologia, pelo que não será pertinente que todos os alunos sejam sujeitos a um currículo em ciência que tem como um dos principais objetivos preparar alunos para prosseguirem os seus estudos em ciência. Aqueles autores, referem ainda que, no ensino em ciências, se deve valorizar não só o conhecimento dos produtos da ciência mas todo processo de construção da ciência.

A ciência e a tecnologia fazem parte da nossa cultura, pelo que “todos os cidadãos devem ter a oportunidade e a capacidade de as apreciar” (Reis, 2004, p. 13). De acordo com o argumento cultural (Reis, 2004; Galvão et al., 2006), a educação científica deve promover o conhecimento dos diferentes fenómenos naturais, reconhecer a influência da ciência na sociedade e no ambiente e da forma científica de pensar. Assim, o ensino das ciências deve contemplar não só o conhecimento substantivo mas também “a história, a ética e a controvérsia da ciência, ou seja, a sua dimensão humana” aspetos fundamentais que deveriam ser considerados num currículo de ciências” (Galvão et al., 2006, p. 19). Tendo em conta o argumento democrático, cada vez mais os cidadãos são solicitados a participar de forma consciente e responsável em assuntos polémicos que envolvem questões sociocientíficas e que implicam uma atitude crítica e fundamentada face à ciência (Reis, 2004). É, assim, necessário que a educação em ciência possibilite a compreensão da forma como os cientistas trabalham e de alguns aspetos da natureza da ciência. Por fim, e de acordo com o argumento moral, a educação em ciência “permite o contacto com a prática científica e com todo um conjunto de normas, de obrigações morais e de princípios éticos a ela inerentes, úteis à sociedade em geral” (Reis, 2004, p. 15).

Quer na Lei de Bases do Sistema Educativo de 14 de outubro de 1986, quer no programa da disciplina de Física e Química A (disciplina da formação específica) do ensino secundário, alguns destes aspetos são preconizados como orientação para o ensino das ciências. No artigo 9.º, alínea a) da Lei de Bases, pode ler-se que uma das finalidades do ensino secundário é “assegurar o desenvolvimento do raciocínio, da reflexão e da curiosidade científica e o aprofundamento dos elementos fundamentais de uma cultura humanística, artística, científica e técnica que constituam suporte cognitivo e metodológico apropriado para o eventual prosseguimento de estudos e para a inserção na vida ativa”. A formação específica no ensino secundário tem como finalidade principal a “consolidação de saberes no domínio científico que confira competências de cidadania, que promova a igualdade de oportunidades e desenvolva em cada aluno um

quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional” (Martins et al., 2001, p. 4).

A educação em ciência deve contribuir, de acordo com Rutherford (1995, citado por Fontes & Silva, 2004), para: (i) conhecer os valores partilhados pelos cientistas; (ii) reforçar os valores sociais; (iii) promover convicções fundamentadas acerca do valor social da ciência; (iv) desenvolver nos jovens atitudes positivas relativamente à aprendizagem da ciência. Uma das principais finalidades da educação em ciência é a formação de cidadãos cientificamente cultos (Fontes & Silva, 2004; Galvão et al., 2004) capazes de participar ativamente e de forma responsável em sociedades abertas e democráticas (Cachapuz et al., 2004).

O conceito de “cientificamente culto” é definido por Hodson (1998 citado por Cachapuz et al., 2004) e considera três dimensões: aprender ciência, aprender sobre ciência e aprender a fazer ciência. A primeira dimensão relaciona-se com a aquisição e desenvolvimento do conhecimento substantivo (Martins et al., 2001). Aprender sobre ciência implica compreender a natureza e os métodos de ciência, conhecer aspetos da evolução e história da construção do conhecimento científico e mostrar interesse pelas relações CTSA. Martins et al. (2001) salientam que esta dimensão da ciência questiona o “estatuto e os propósitos do conhecimento científico” (p. 4), pelo que é fundamental discutir em sala de aula assuntos que originem questões sociocientíficas controversas e que se transmita a ciência como parte do património cultural do nosso tempo. A última dimensão, aprender a fazer ciência, permite o desenvolvimento de competências que possibilitem aos alunos delinear estratégias de resolução de problemas e se aproximem da forma de trabalhar dos cientistas.

Na literatura ainda se considera a educação pela ciência. Reis (2006) defende que a educação pela ciência tem como principal finalidade desenvolver conhecimentos, competências e atitudes considerados necessários para a promoção da cidadania em todos os alunos. Esta posição vai ao encontro do que Cachapuz et al. (2004) consideram ser um cidadão cientificamente culto:

Ser cientificamente culto implica também atitudes, valores e novas competências (em particular, abertura à mudança, ética de responsabilidade, aprender a aprender...) capazes de ajudar a formular e debater responsabilmente um ponto de vista pessoal sobre problemáticas de índole científico/tecnológica, juízos mais informados sobre o mérito de determinadas matérias e situações com implicações pessoais e/ou sociais, participação no processo democrático de tomada de decisões, uma melhor compreensão de

como ideias da Ciência/Tecnologia são usadas em situações sociais, econômicas, ambientais e tecnológicas específicas.

Desta forma, o ensino das ciências tem que ser orientado para aspetos mais sociais e pessoais, não se limitando a apresentar um caráter puramente “laboratorial, onde apenas se aprendam conceitos e teorias” (Fontes & Silva, 2004, p. 30). É necessário promover nos alunos uma cultura científica (Cachapuz et al., 2004) que permita abordagens interdisciplinares e o desenvolvimento de competências que tornem os alunos cientificamente cultos e indivíduos cientificamente literatos. Assim, uma das finalidades da ciência é o desenvolvimento da literacia científica dos alunos. Este conceito é abrangente e complexo e sobre o qual não existe consenso (Vieira, 2007). No entanto, Reis (2006) refere que as propostas atuais para o conceito de literacia científica apresentam três denominadores comuns: (i) apropriação do conhecimento científico; (ii) compreensão dos procedimentos e métodos que se utilizam em ciência; (iii) desenvolvimento de competências, atitudes e valores que possibilitam uma participação ativa e responsável na tomada de decisões relacionadas com a ciência e a tecnologia.

É essencial que o ensino das ciências promova a literacia científica dos alunos, a sua cultura científica e contribua, como refere Galvão et al. (2006), para o desenvolvimento do espírito crítico dos alunos de forma que estes consigam decidir de forma consciente, responsável e democrática sobre os inúmeros desafios que se colocam à sociedade. Desta forma, o ensino das ciências tem como objetivos não só a compreensão da ciência e da tecnologia e da relação entre elas e as suas implicações na sociedade, mas também permitir que os alunos compreendam em que medida os acontecimentos sociais se repercutem no objeto de investigação e estudo da Ciência e da Tecnologia (Martins et al., 2001).

### **Abordagem CTSA**

O movimento CTS surgiu na década de 60 nos Estado Unidos da América como resposta à nova imagem da ciência e da tecnologia na sociedade do pós-guerra (Fontes & Silva, 2004). Este movimento tinha como objetivo alertar para as influências recíprocas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade “reivindicando uma consciencialização pública e um controlo social das inovações científicas e tecnológicas” (Cerezo & Sanches, 2001 citado por Fontes & Silva, 2004, p. 26). O movimento CTS desenvolveu-se e adquiriu importância no processo ensino

aprendizagem em ciência, estando na origem de várias reformas educativas da educação da ciência em diversos países.

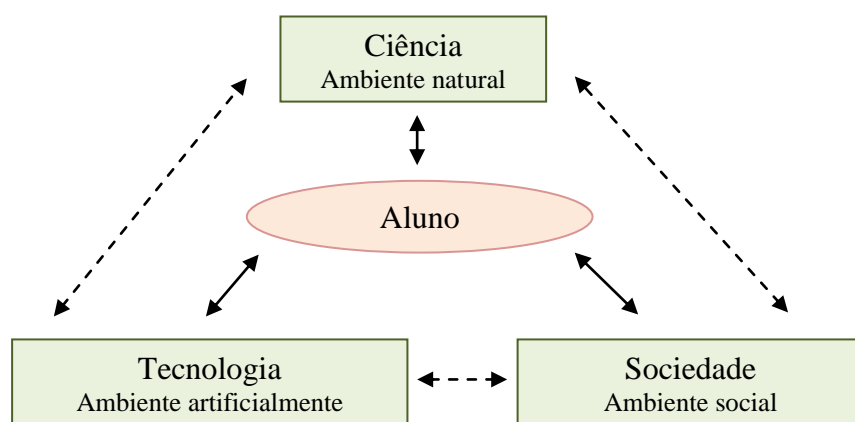
Os currículos, ao longo dos anos têm sido alterados no sentido de contemplarem a educação CTSA (Magalhães & Vieira, 2006). O ensino das ciências com uma orientação CTSA apresenta cinco objetivos principais: (i) motivar os alunos para a aprendizagem da ciência tornando-a mais próxima e aliciante; (ii) desenvolver o pensamento crítico a autonomia dos alunos; (iii) promover uma visão social da ciência, esbatendo a fronteira entre a ciência e as metaciências; (iv) analisar vários aspetos (sociais, políticos, económicos, éticos) da ciência e da tecnologia com o objetivo de melhorar a formação científica dos alunos e (v) promover a literacia científica dos alunos (Fontes & Silva, 2006). É assim fundamental que as propostas curriculares tenham: “uma abordagem personalizada e crítica da ciência, equipando o aluno com a capacidade de empreender ações apropriadas, responsáveis e fundamentadas no que diz respeito a questões sociais, económicas, ambientais, éticas e morais” (Hodson, 1998, citado por Chagas, 2000, p. 5).

Estes objetivos vão ao encontro das finalidades da disciplina de Física e Química A apresentadas no programa. Martins et al. (2001) referem, entre outras: compreender o papel do conhecimento científico, nas decisões de foro ambiental, político e social; desenvolver capacidades, atitudes e valores estruturantes do ser humano, que lhes permitam ser cidadãos responsáveis e atuantes na sociedade; desenvolver uma visão integradora da Ciência, da Tecnologia, do Ambiente e da Sociedade; compreender a cultura científica como integrante da cultura atual; compreender e analisar criticamente assuntos científicos socialmente controversos e acompanhar, o futuro e o desenvolvimento científico e tecnológico.

A abordagem CTSA estrutura-se em torno de dois eixos principais: na compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade e na resolução de situações-problema familiares aos alunos a partir do esclarecimento dos conteúdos e processos da ciência e da tecnologia e das suas interações com a sociedade e o ambiente, o que resulta no desenvolvimento de atitudes e valores (Galvão et al., 2006). Membiela (2001, citado por Fontes & Silva, 2006) defende que a grande finalidade do movimento CTSA é

a promoção da alfabetização em ciência e tecnologia para que os cidadãos possam participar no processo democrático de tomada de decisões e assim desencadear ações de cidadania para a resolução de problemas relacionados com a ciência e a tecnologia na nossa sociedade.

A abordagem CTSA no ensino das ciências promove uma educação “mais humanista, mais global e menos fragmentada” (Martins, 2002 citada por Magalhães & Vieira, 2006, p. 87). Esta abordagem em sala de aula é mais motivadora para os alunos, preparando-os para darem respostas mais adequadas às questões sociocientíficas e tecnológicas que atualmente se colocam (Cachapuz et al., 2000). Ainda, segundo a orientação CTSA, o ensino das ciências deverá abordar temas com relevância para os alunos, socialmente importantes e ser flexível (Martins & Veiga, 1999). Assim, a abordagem CTSA deverá abordar problemas atuais, “procurando promover o pensamento crítico dos alunos com vista a uma preparação mais completa para o exercício da cidadania” (Fontes & Silva, 2004, p. 32). Os alunos tentam compreender as suas vivências diárias integrando os conhecimentos do seu meio social (sociedade), natural (ciência) e tecnológico (Figura 2.1).



*Figura 2.1.* Essência da Educação em Ciências segundo uma abordagem CTSA. (Adaptado de Fontes & Silva, 2004, p. 43).

São referidos na literatura um conjunto de fatores que podem explicar as dificuldades sentidas na implementação de uma abordagem CTSA nas aulas de ciências. Apresentam-se, entre outros: (i) a formação académica dos professores muito direcionada para a área científica; (ii) a dificuldade de implementação; (iii) o receio, por parte dos professores da aprendizagem de um menor número de conceitos científicos; (iv) a existência de preconceitos nos alunos e nos professores sobre ciência e os

cientistas; (v) a dificuldade na avaliação; (vi) a inexistência de uma investigação que mostre de forma objetiva as vantagens da utilização de uma abordagem CTSA na aprendizagem científica (Fontes & Silva, 2004). No entanto, os mesmos autores referem, com base em vários estudos internacionais que o ensino das ciências recorrendo a uma abordagem CTSA apresenta vantagens relativamente ao ensino tradicional:

Melhoria na compreensão de questões relacionadas com a sociologia interna e externa da ciência e das interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade; uma melhoria de atitude face à ciência, às aulas de ciências (...); avanços modestos mas significativos da criatividade, da capacidade de pensar e da aplicação de conteúdos científicos a situações do dia-a-dia.

O ensino das ciências através de uma abordagem CTSA promove a discussão de questões socio científicas atuais com implicações sociais e ambientais, a curiosidade dos alunos, a pesquisa, a exploração de explicações/respostas para as questões colocadas, a autonomia e a responsabilidade dos alunos. Estes passam a ter um papel mais ativo no processo de ensino aprendizagem pelo que o papel dos professores em sala de aula também tem que se modificar relativamente ao ensino mais tradicional. Assim, um professor que implemente de forma eficaz um ensino das ciências com uma abordagem CTSA deve ser construtor de um ambiente estimulante e acolhedor; ser estimulador e ter expectativas elevadas sobre o trabalho a desenvolver; ser pesquisador; desafiar os alunos, despertando a sua curiosidade, orientando e enfatizando a importância da cultura científica no quotidiano; ser flexível, dedicado, criativo e possuir capacidade crítica (Vázquez, 1999 citado por Fontes & Silva, 2004).

### **Estratégias de ensino**

No programa da disciplina de Física e Química A salienta-se que os alunos deverão ter a possibilidade de desenvolver competências que lhes permitam “selecionar, analisar, avaliar de modo crítico informações em situação concretas” (p. 7), trabalhar em grupo, confrontar ideias, clarificar pontos de vista, colaborar para a apresentação de um produto final, comunicar ideias oralmente e por escrito e desenvolver o gosto por aprender. É fundamental que o desenvolvimento curricular e as estratégias escolhidas pelos professores tenham em consideração estas orientações, pelo que devem promover estratégias de ensino que, ao contrário do ensino mais tradicional, estejam centradas nos

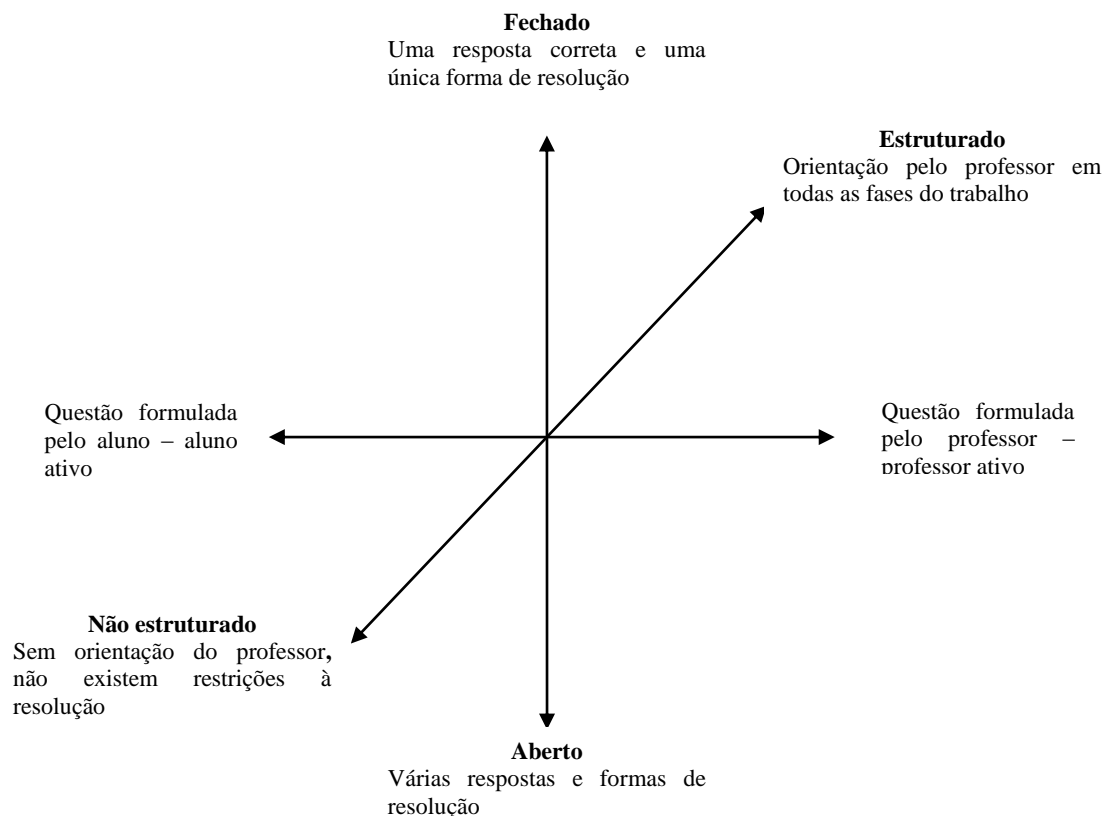


alunos e que assentem numa conceção construtivista (Mendes & Reis, 2012). Neste tipo de conceção, o conhecimento é construído ativamente pelos alunos, e educar traduz-se em proporcionar aos alunos a possibilidade de desenvolverem atividades criativas que potenciem a construção do conhecimento (Fino, 2004), facilitando as aprendizagens significativas (Novak & Gowin, 1996; White & Gunstone, 1992, citados por Mendes & Reis, 2012). Quer as tarefas de investigação, quer as tarefas de discussão, nomeadamente o *role-play*, vão ao encontro do que é preconizado no programa da disciplina e exigem um maior envolvimento dos alunos. Apresenta-se, de seguida, o enquadramento teórico das tarefas de investigação e de *role-play*.

### **Tarefas de investigação**

As tarefas de investigação constituem uma estratégia educativa importante na promoção de uma abordagem CTSA do ensino das ciências e na promoção da literacia científica dos alunos, potenciando o desenvolvimento, nos alunos, de competências de diferentes tipos. As tarefas de investigação são, de acordo com o NRC (2000), tarefas multifacetadas pois permitam aos alunos realizar observações, identificar problemas, formular questões, pesquisar informação em diferentes suportes, planejar investigações, analisar e interpretar dados e resultados recorrendo a diferentes ferramentas, formular hipóteses, prever e responder a questões e comunicar resultados. Possibilitam ainda a identificação de pressupostos, o desenvolvimento do pensamento crítico e do raciocínio lógico e consideram explicações alternativas.

Uma tarefa só pode ser classificada como tarefa de investigação, de acordo com Leite (2001), se confrontar os alunos com uma situação-problema, que permita a formulação de hipóteses, a delineação e execução de uma ou mais estratégias de resolução, a análise e interpretação dos dados e dos resultados obtidos na tentativa de dar resposta ao problema formulado e a confrontação das soluções encontradas com as previstas. Já Wellington (2000) refere que existem diferentes tipos de tarefas de investigação, apresentando diferentes dimensões de acordo com o grau de abertura, estruturação e orientação (Figura 2.2). Os eixos apresentados não são independentes e cada eixo tem dois extremos. A tarefa pode encontrar-se em qualquer ponto desse eixo.



*Figura 2.2.* Dimensões das tarefas de investigação. (Adaptado de Wellington, 2000, p. 141).

Um dos eixos está relacionado com a forma como é formulada a questão-problema: num dos extremos do eixo, a questão pode ser proposta pelo professor e no limite oposto pode ser formulada pelos alunos. Um outro eixo está relacionado com a estruturação da tarefa. Esta pode ser estruturada, existindo uma orientação bem definida pelo professor em todos os pontos de investigação ou no extremo oposto, todo o trabalho é desenvolvido pelos alunos sem qualquer orientação do professor. Por fim, a terceira dimensão considerada por Wellington é o grau de abertura: a questão-problema pode ter resposta única com uma única forma de resolução ou no limite oposto, pode apresentar várias resoluções possíveis com várias respostas.

As tarefas de investigação constituem, para Pólya (1975, citado por Ponte, Quaresma & Branco, 2008) uma estratégia didática em que os alunos têm que compreender o problema, planear e concretizar estratégias de resolução do problema e realizar uma reflexão sobre os resultados obtidos. Os alunos têm assim oportunidade de desenvolver “novos conceitos” e “aprender novas representações e procedimentos” (Ponte

et al., 2008, p. 2). Este tipo de tarefas apresenta grandes potencialidades, consequência das suas características: têm um caráter aberto, são construídas tendo em conta os interesses e as questões dos alunos, envolvem uma dimensão prática, possibilitam que os alunos experienciem situações de sucesso e estejam no centro das suas aprendizagens pois envolvem-se de forma ativa. Estas características contribuem para que as tarefas de investigação potencializem “aprendizagens mais profundas de ciência e em ciência” (Baptista et al., 2013, p. 138). Também Wellington (2000) apresenta várias razões para utilizar as tarefas de investigação no ensino das ciências: (i) promovem a motivação dos alunos; (ii) permitem o trabalho cooperativo dos alunos; (iii) possibilitam uma abordagem diferente da tradicional para ensinar ciência potenciando o desenvolvimento de competências em diferentes domínios.

As tarefas de investigação podem ser desenvolvidas, recorrendo ao modelo dos cinco E's que engloba cinco fases: *engagement* (envolvimento), *exploration* (exploração), *explanation* (explicação), *elaboration* (ampliação) e *evaluation* (avaliação) (Bybee et al., 2006). No Quadro 2.1 apresentam-se as principais características de cada fase do modelo.

Quadro 2.1

*Principais características de cada fase do modelo dos cinco E's (Bybee et al., 2006).*

Fase	Descrição	Ação dos alunos
<b>Envolvimento</b>	Pequenas tarefas que promovem a curiosidade dos alunos e os motivam para a aprendizagem de um determinado assunto.	Observar imagens; visualizar vídeos; ler textos, notícias e bandas desenhadas, ...
<b>Exploração</b>	Os alunos formulam questões, hipóteses, planificam e executam atividades práticas, pesquisam informação, fazem registo dos dados obtidos. Trabalham de forma colaborativa.	Formular hipóteses, pesquisar informação; realizar atividades práticas, registar observações, medidas, respostas; ...
<b>Explicação</b>	Os alunos encontram uma resposta para a questão problema e partilham com a turma os seus resultados. O professor sintetiza a informação, clarifica e organiza os conceitos desenvolvidos pelos alunos.	Registar principais conclusões; comunicar os resultados à turma; ...
<b>Ampliação</b>	Os alunos são desafiados a relacionar e a aprofundar o conhecimento adquirido, resolvendo questões adicionais.	Aplicar conhecimentos a novas situações, relacionar conceitos, ...
<b>Avaliação</b>	Os alunos refletem sobre o trabalho desenvolvido e sobre as aprendizagens realizadas.	Refletir sobre a tarefa, as aprendizagens e o trabalho desenvolvido.

Nas tarefas de investigação existem vários momentos de discussão em grupo e coletivas. Estas têm como objetivo, por um lado, o desenvolvimento da linguagem científica e, por outro, que os alunos confrontem as diferentes representações, esclarecem dúvidas e se motivem para a aprendizagem (Ponte et al., 2008). As aulas onde se realizam tarefas de investigação devem contemplar diferentes momentos: apresentação da tarefa, desenvolvimento do trabalho dos alunos, discussão e síntese final (Ponte et al., 2008). As tarefas de investigação proporcionam ao aluno experiências educativas diferenciadas “que vão de encontro, por um lado, dos seus interesses pessoais e, por outro, estão em conformidade com o que se passa à sua volta” (Galvão et al., 2001, p. 6). Este tipo de tarefa exige o envolvimento ativo dos alunos no processo ensino-aprendizagem e promove o desenvolvimento de competências de diferentes domínios que se desenvolvem transversalmente. O professor deve orientar os alunos no seu trabalho, dando pistas de resolução e permitindo que os alunos construam o seu conhecimento.

### **Role-play**

O *role-play* ou jogo de papéis é outra estratégia educativa que pode ser realizada em sala de aula. Neste tipo de tarefas são atribuídas aos alunos diferentes personagens que defendem pontos de vista distintos numa questão controversa. Nunes (2004, citado por Oliveira & Zuin, 2009) refere que os participantes no *role-play* criam as suas personagens atribuindo-lhes características físicas, mentais e sociais, assumindo diferentes papéis, defendendo e argumentando pontos de vista que podem ser diferentes dos seus. São várias as características do *role-play* quanto às personagens e às situações abordadas (Ments, 1999). Relativamente às personagens estas podem ser fictícias ou reais. As situações criadas podem ser mais ou menos complexas, familiares aos participantes ou abordarem novos contextos. Podem também ser apresentadas com maior ou menor detalhe. Para este autor, a utilização do *role-play* apresenta várias vantagens. Entre outras, o autor refere que os alunos têm oportunidade de discutir diversos assuntos, permitindo que interajam e comuniquem entre si, quer para defender um determinado ponto de vista quer para expressar sentimentos.

As tarefas de *role-play* constituem uma estratégia de ensino que promove a interdisciplinaridade, a cooperação, a criatividade, a interatividade e a socialização (Grando & Tarouco, 2008, citado por Oliveira & Zuin, 2009) e possibilita que os alunos desenvolvam competências processuais e atitudinais como “estabelecimento de estratégias,

curiosidade, motivação, integração, desenvoltura para trabalhar em grupo, autonomia, liderança” (Nunes, 2004, citado por Oliveira & Zuin, 2009, p. 2). O *role-play* é uma estratégia didática que desenvolve também competências ao nível da comunicação, permitindo a promoção da linguagem científica (Ments, 1999).

Existem, de acordo com Cherif e Somervill (1998, citados por Jarvis, Odell & Troiano, 2002), quatro momentos para o desenvolvimento de uma tarefa de *role-play*: o momento da preparação e da explicação da tarefa pelo professor, o momento da preparação do jogo de papéis pelos alunos, o momento da realização do *role-play* e o momento de discussão final após o *role-play*. Dillon (1994) classifica a tarefa de *role-play* como tarefa de discussão, pois centra-se apenas num tópico de análise e tem objetivos bem definidos. Pode iniciar-se com diferentes pontos de vista (das diferentes personagens). No entanto, no final da discussão, existe um consenso que foi sendo construído, resultado de uma colaboração entre os participantes e que é assumido e partilhado por todo o grupo. Para Galvão et al. (2006) uma discussão é uma “forma particular de interação em grupo na qual os membros se juntam para abordar uma questão do interesse comum, algo que necessitam de compreender, apreciar ou decidir” (p. 79).

São necessárias várias condições para envolver um grupo numa discussão, nomeadamente a existência e apresentação de vários pontos de vista, a disponibilidade para analisar e discutir os diferentes argumentos, a ausência de dogmatismos, a existência de respeito entre os participantes, a preocupação com a correção e coerência dos argumentos utilizados, a vontade de compreender melhor e ampliar o conhecimento do assunto em discussão (Galvão et al., 2006). É necessário apresentar argumentos cientificamente coerentes e utilizar de forma correta o vocabulário específico da disciplina. Assim, as tarefas de discussão, tal como as tarefas de investigação, promovem o desenvolvimento da linguagem científica.

Uma das maiores dificuldades que os alunos sentem quando aprendem ciência é aprender, compreender e dominar a linguagem da ciência, sendo esta uma das componentes mais importantes da educação em ciência. Como referem Wellington e Osborne (2001) aprender ciência é, em muitos casos, aprender uma linguagem nova com muitos conceitos que têm significados, muitas vezes, diferentes do habitual. É assim essencial que os alunos tenham oportunidade de praticar e utilizar regularmente a linguagem científica. Valadares e Moreira (2009) afirmam:

quando um aluno aprende uma ciência está a *internalizar os significados* construídos e aceites no contexto da mesma, o que passa pela *internalização de signos* caraterísticos dessa ciência. E os processos de aprendizagem significativa (...) são processos lentos que exigem muita interação social, muita discussão de ideias.

Assim, o professor deve escolher a melhor estratégia didática a usar, conceber e desenvolver tarefas, e utilizar recursos diferenciados, que proporcionem aos alunos atividades que permitam promover a internalização de signos e desenvolver a linguagem científica (Wellington, 2000). O professor deve ainda garantir um clima na sala de aula que promova, entre os alunos, a discussão e argumentação dos seus pontos de vista e ideias com o consequente desenvolvimento da linguagem científica.

### **Síntese**

As principais finalidades do ensino das ciências passam pela formação de cidadãos ativos, responsáveis, cientificamente cultos e pela promoção da literacia científica dos alunos. É assim necessário realizar estratégias em sala de aula que possibilitem aos alunos desenvolver o pensamento crítico, a capacidade de argumentação e a resolução de problemas. A implementação de uma abordagem CTSA no ensino das ciências tem como objetivo a promoção da alfabetização científica e tecnológica para fins pessoais e sociais através de estratégias pedagógicas que motivam os alunos e os tornam ativos no processo ensino aprendizagem.

No programa da disciplina de Física e Química A preconiza-se a implementação de um conjunto de estratégias que têm como ponto de partida questões reais e próximas do quotidiano dos alunos e que, através de um ensino por investigação com abordagem CTSA, possibilitam o desenvolvimento de um conjunto de competências, a diferentes níveis, que promovem a literacia científica dos alunos. Estes são construtores do seu conhecimento realizando uma aprendizagem efetiva e tendo um papel ativo no desenvolvimento das aulas.

# CAPÍTULO 3

---

## PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo apresenta-se a proposta didática que irá ser desenvolvida na abordagem da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”, inserida na componente da Química do programa do 10.º de escolaridade da disciplina de Física e Química A. Esta proposta foi organizada com o objetivo de os alunos desenvolverem uma série de competências preconizadas no programa da disciplina e realizarem uma aprendizagem recorrendo a tarefas que promovam uma abordagem CTSA.

Este capítulo está dividido em duas secções. Na primeira, aborda-se a fundamentação científica, sendo referidos os principais conceitos científicos que vão ser lecionados. Na segunda, apresenta-se a fundamentação didática onde se faz o enquadramento das tarefas na unidade curricular e no programa da disciplina, a organização da proposta didática, uma breve descrição das tarefas e a forma de avaliação dos alunos.

### Fundamentação Científica

A atmosfera terrestre é a fina camada gasosa que envolve o Planeta e que permite a existência de vida na Terra, tal como a conhecemos. O estudo da química da atmosfera remonta ao século XVIII, quando os químicos Joseph Priestley, Antoine Lavoisier e Henry Cavendish, tentaram identificar os principais constituintes da atmosfera. No final do século XIX e início do século XX, os componentes vestigiais da atmosfera presentes em quantidades inferiores a uma parte por milhão em volume passaram a ser o foco de estudo (Seinfeld & Pandis, 2006) com a finalidade de compreender qual a influência que estes compostos tinham na composição da atmosfera e na existência e manutenção da vida na Terra. Aqueles autores referem que o papel fundamental que as espécies vestigiais desempenham na atmosfera não é proporcional à concentração em que se encontram. Uma pequena alteração na composição química da atmosfera nestas substâncias vestigiais tem consequências a nível global, como por

exemplo, o smog fotoquímico, a deposição ácida e a destruição da camada do ozono estratosférico (Seinfeld & Pandis, 2006).

A composição média da atmosfera atual é muito diferente da composição da atmosfera primitiva (Jardim, 2001) resultado do aparecimento da vida na Terra. Tem-se verificando um aumento do teor de, por exemplo, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), de metano ( $\text{CH}_4$ ) e de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Também a concentração do ozono ( $\text{O}_3$ ) troposférico e de matéria particulada (PM) estão a aumentar. Ao mesmo tempo, verifica-se uma diminuição da concentração do ozono estratosférico.

Nesta secção apresentam-se os principais aspetos teóricos que vão ser abordados na lecionação da unidade “Na atmosfera terrestre: radiação, matéria e estrutura”. Está organizada em três subsecções: a evolução da atmosfera terrestre, a estrutura da atmosfera e a poluição atmosférica com enfoque na destruição do ozono estratosférico. Na primeira, apresenta-se uma descrição breve da evolução da atmosfera primitiva até à atual, fazendo-se referência a algumas evidências da presença de determinadas substâncias ao longo do tempo. Na subsecção seguinte apresentam-se as principais características das camadas que constituem a atmosfera terrestre e, por fim, exploram-se alguns aspetos teóricos da poluição atmosférica, nomeadamente os que se relacionam com a destruição do ozono estratosférico.

## **Evolução da atmosfera**

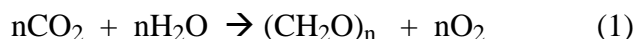
A Terra formou-se há cerca de 4500 milhões de anos e com ela a atmosfera primitiva terrestre consequência da atração gravitacional dos compostos mais voláteis que ficaram “aprisionados” no Planeta (Seinfeld & Pandis, 2006) e da intensa atividade vulcânica. A atmosfera da Terra tem, atualmente, uma composição química muito diferente da atmosfera primitiva de características redutoras. Esta era constituída essencialmente por uma mistura de Hélio ( $\text{He}$ ) e hidrogénio ( $\text{H}_2$ ). Mais tarde, com a intensa atividade vulcânica, a composição da atmosfera sofreu alterações passando a ser composta por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), nitrogénio ( $\text{N}_2$ ), vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e outros gases minoritários como o hidrogénio ( $\text{H}_2$ ), o sulfureto de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{S}$ ), o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) (Camões, 2009; Seinfeld & Pandis, 2006) e o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (Chang, 2010).



A atmosfera atual é essencialmente constituída por nitrogénio (78,03%), oxigénio (20,99%) e árgon (0,94%) (Chang, 2010). Estes são os compostos maioritários, sendo os valores apresentados correspondentes à composição média do ar seco ao nível da água do mar. Os gases minoritários representam menos de 1% (V/V) da composição da atmosfera, embora as suas abundâncias estejam a sofrer alterações ao longo dos últimos três séculos. Dos gases vestigiais, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) é aquele que está presente em maior quantidade na atmosfera. (0,035%) (Camões, 2009). Esta autora refere que a Organização Mundial de Saúde alerta para a existência de mais de quarenta poluentes atmosféricos, no entanto, as redes de monitorização da qualidade do ar só realizam medições dos que são mais abundantes nas áreas urbanas, nomeadamente, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), o dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ), o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), o ozono ( $\text{O}_3$ ) e a matéria particulada (MP). Apesar do teor destes compostos ser baixo, eles desempenhem um papel crucial nas propriedades químicas da atmosfera e no balanço radiativo da Terra (Seinfeld & Pandis, 2006). Optou-se por apresentar a constituição média da atmosfera atual sem o vapor de água pois esta substância apresenta uma concentração variável, podendo atingir valores acima de 3% (V/V). Assim, de uma atmosfera primitiva constituída por uma mistura redutora evoluiu-se, ao longo de milhões de anos, para uma atmosfera fortemente oxidante.

O planeta Terra é o único que possui uma atmosfera quimicamente ativa e rica em oxigénio, quando comparado com os restantes planetas do Sistema Solar. Estas características únicas são consequência da existência de vida que apareceu há cerca de 3500 milhões de anos (Jardim, 2001). Seinfeld e Pandis (2006) citando Kasting (2001) referem a existência de evidências geoquímicas que comprovam que o teor de oxigénio na atmosfera aumentou consideravelmente há cerca de 2300 milhões de anos, produzido por ciano bactérias (seres procariontes capazes de realizar fotossíntese). No entanto, os primeiros fósseis destas bactérias, encontrados na Austrália, datam de há 2700 milhões de anos (Jardim, 2001). O *gap* de cerca de 400 milhões de anos entre a evidência da produção de  $\text{O}_2$  e os fósseis de bactérias fotossintéticas é ainda uma questão em debate.

Os organismos fotossintéticos surgiram há cerca de 2000 milhões de anos numa atmosfera redutora (Jardim, 2001) apenas com vestígios de oxigénio. Durante a fotossíntese, produz-se oxigénio ( $\text{O}_2$ ) de acordo com a equação (1):



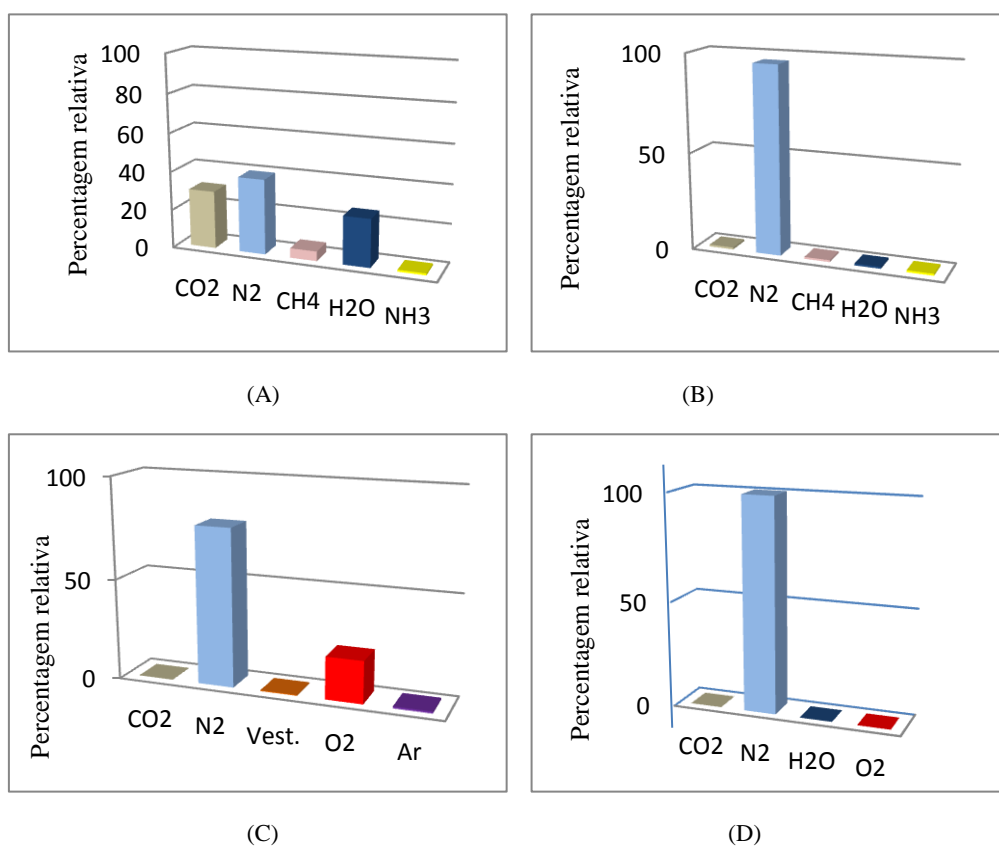
Com a produção de oxigénio pelos seres fotossintéticos, a concentração deste composto na atmosfera começou a aumentar, tendo demorado mais de 1500 milhões de anos para passar de uma concentração vestigial para o teor atual de cerca de 21% (V/V).

A atmosfera terrestre, entre os 3000 e 2300 milhões de anos atrás, tinha, entre outros compostos, hidrogénio ( $\text{H}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) na sua constituição. O primeiro escapou para o espaço devido à sua baixa densidade. As moléculas de metano ( $\text{CH}_4$ ) por ação da radiação ultravioleta sofreram fotodissociação, tal como as moléculas de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). A fotólise da água originou  $\text{H}_2$  e  $\text{O}_2$  (Seinfeld & Pandis, 2006). Este último foi fixado pelo ferro e outros metais, formando os respetivos óxidos, sendo esta uma evidência da presença de oxigénio na atmosfera durante aquele período.

A Terra inicialmente com temperaturas muito elevadas foi arrefecendo, tendo-se condensado o vapor de água inicial, dando origem aos oceanos. Por mais de 500 milhões de anos, os organismos aeróbios viveram debaixo de água para evitar a atmosfera de caraterísticas oxidantes que se começou a formar (Jardim, 2001). Durante milhões de anos, a radiação mais energética proveniente do Sol conseguiu penetrar na atmosfera terrestre e atingir a superfície da Terra pois não existiam espécies químicas que a absorvessem. Formou-se assim, perto da superfície terrestre, ozono ( $\text{O}_3$ ) a partir da fotodissociação das moléculas de oxigénio ( $\text{O}_2$ ). Os organismos não estavam adaptados a uma atmosfera com estas caraterísticas e, para se protegerem, refugiaram-se na água, onde a radiação ultravioleta penetra apenas nos primeiros centímetros e o ozono é pouco solúvel (Jardim, 2001). Este autor refere que nos últimos 500 milhões de anos, alguns organismos saíram do ambiente aquático. Esta realidade só foi possível pois houve uma adaptação bioquímica dos organismos às novas caraterísticas da atmosfera.

Também o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente na atmosfera primitiva foi dissolvido na água formando-se carbonatos insolúveis que se depositaram no fundo dos oceanos. Relativamente ao azoto ( $\text{N}_2$ ), este apresenta uma grande estabilidade química, pelo que se foi acumulando na atmosfera ao longo do tempo. A sua quantidade tem-se mantido

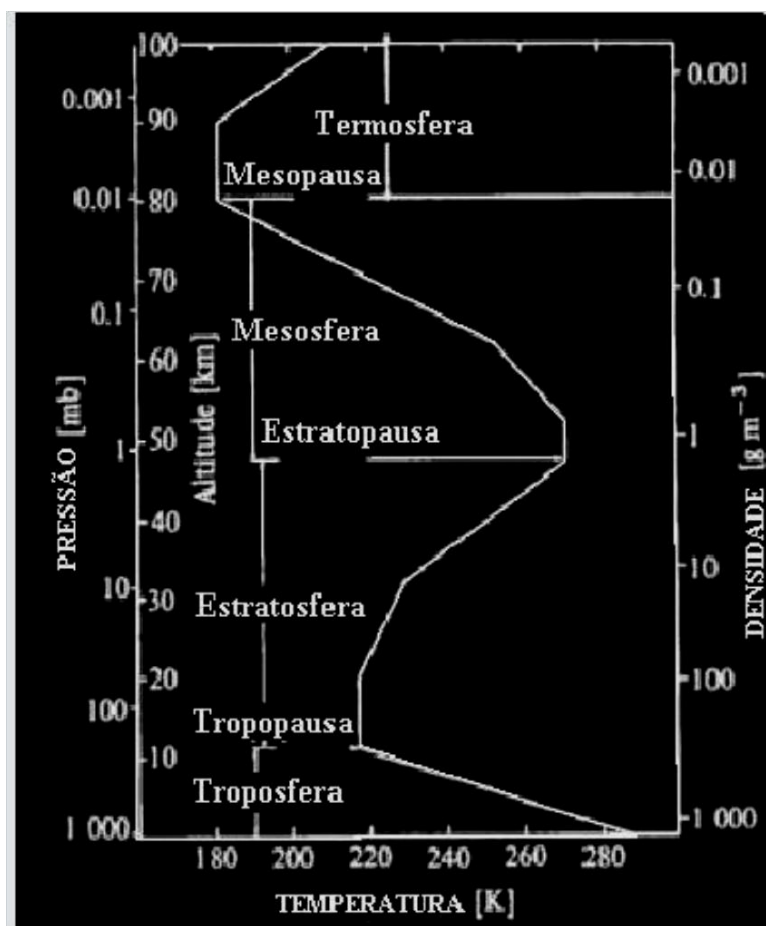
aproximadamente constante, resultado do equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos em que é produzido e consumido (Camões, 2009). Relativamente ao teor atual de oxigénio ( $O_2$ ) na atmosfera este é mantido por um equilíbrio entre a produção de  $O_2$ , através da fotossíntese, e o seu consumo na respiração e decomposição da matéria orgânica (Seinfeld & Pandis, 2006). A concentração de oxigénio na atmosfera só se mantém aproximadamente constante pois a velocidade da reação de produção de oxigénio (fotossíntese) é cerca de seis vezes superior à de consumo do oxigénio na respiração e em muitos processos oxidativos que ocorrem em animais e plantas (Camões, 2009). Apresenta-se um conjunto de gráficos onde se pode observar a evolução provável da composição química da atmosfera resultante da intensa atividade vulcânica até à composição média da atmosfera atual (Figura 3.1).



*Figura 3.1.* Evolução da provável composição química da atmosfera resultante das erupções vulcânicas até à composição média da atmosfera atual: composição da atmosfera há mais de 4300 milhões de anos (A); há cerca de 3800 milhões de anos (B); há cerca de 2300 milhões de anos (C) e há cerca de 1500 milhões de anos (D).

## Estrutura da atmosfera

De uma forma geral, a atmosfera terrestre divide-se em duas grandes regiões: a baixa atmosfera e a alta atmosfera (Camões, 2009; Seinfeld & Pandis, 2006). A baixa atmosfera estende-se até uma altitude de 50 km e, de acordo com Camões (2009), contém 99% da matéria que constitui a atmosfera. Esta caracteriza-se por apresentar variações de pressão e temperatura com a altitude. É convencional dividir-se a atmosfera em diferentes regiões, de acordo com o gradiente de temperatura, conforme este seja positivo ou negativo. Assim, a atmosfera apresenta quatro zonas distintas: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera (Figura 3.2). As zonas onde se inverte o declive do perfil de temperaturas designam-se por pausas. Nestas zonas a temperatura mantém num valor aproximadamente constante.



*Figura 3.2.* Diferentes camadas que constituem a atmosfera em função da variação do perfil da temperatura média com a altitude. (Retirado de Camões, 2009, p. 21).

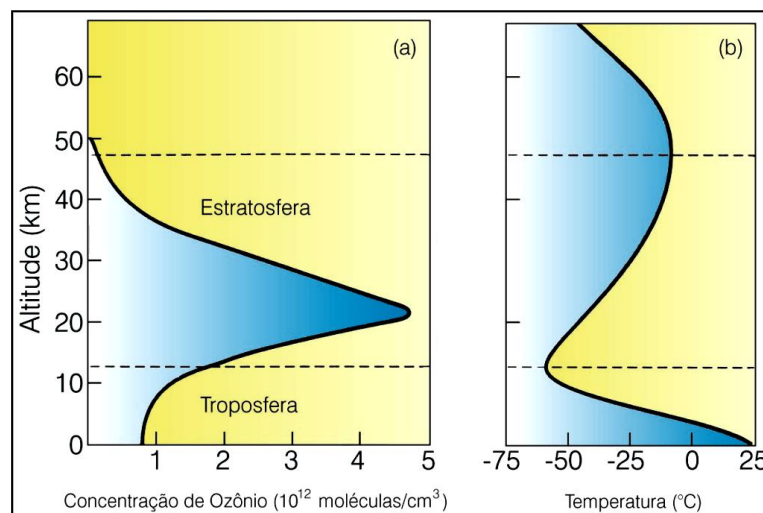
A troposfera ou “esfera que gira” é a camada mais baixa da atmosfera e estende-se da superfície terrestre até à tropopausa. Apresenta uma espessura variável conforme a época do ano (inverno ou verão) e a latitude (mais alta no equador e mais baixa no polos) (Camões, 2009; Seinfeld & Pandis, 2006). É na troposfera que ocorrem os fenómenos meteorológicos. Esta camada contém quase todo o vapor de água e cerca de 80% dos gases atmosféricos. Caracteriza-se por uma diminuição da temperatura na vertical, praticamente linear, de aproximadamente 0,6°C por cada 100 metros, atingindo no topo, a temperatura de cerca – 60°C (Camões 2009). Esta diminuição da temperatura com altitude está relacionada com aumento da distância à superfície da Terra e com a radiação infravermelha emitida pela Terra.

Na troposfera podem considerar-se duas subcamadas, com características diferentes, uma situada na parte debaixo da troposfera com uma espessura média de 1 km, Camada Limite Atmosférica (CLA), e outra acima, designada por Troposfera Livre (Camões, 2009). A Camada Limite Atmosférica é a região da atmosfera que é afetada diretamente pelas propriedades da superfície terrestre e que originam turbulências. Segue-se a tropopausa, zona de transição para a estratosfera. Mozeto (2001) refere que a espessura da tropopausa pode variar até 1 km dependendo da temperatura e composição da troposfera.

A estratosfera foi descoberta pelo meteorologista Philippe Leon Teisserenc de Bort, no início do século XX. Ao enviar balões de medição de temperatura para a atmosfera, este cientista descobriu, que ao contrário do que era esperado, a temperatura da atmosfera não diminuía progressivamente com a altitude. Esta camada tem uma espessura entre os 45 e 55 km e a temperatura aumenta com a altitude (Seinfeld & Pandis, 2006), consequência da existência entre os 25 e 30 km de uma zona de maior concentração de ozono (O<sub>3</sub>), designada como Camada de Ozono. Este composto, como salienta Camões (2009) não se encontra propriamente numa camada mas antes disperso em oxigénio (O<sub>2</sub>) e azoto (N<sub>2</sub>) com uma concentração média de 10 ppm em volume (Mozeto, 2001).

O ozono (O<sub>3</sub>) absorve radiação ultravioleta-C (UV-C) com comprimento de onda com valores tais que  $100\text{ nm} < \lambda < 280\text{ nm}$  e grande parte da radiação ultravioleta-B (UV-B) cujo comprimento de onda apresenta valores tais que  $280\text{ nm} < \lambda < 315\text{ nm}$ . Esta radiação é suficientemente energética para quebrar a ligação entre os átomos de oxigénio

da molécula de ozono e originar oxigénio molecular ( $O_2$ ) (Camões, 2009; Mozeto, 2001). Estas reações são exotérmicas, sendo responsáveis pelo aumento de temperatura que se verifica na estratosfera. Apresenta-se a concentração média do ozono na troposfera e na estratosfera e a correspondente variação de temperatura (Figura 3.3).



*Figura 3.3.* Variação da concentração do ozono em altitude, para regiões de média latitude (a) e correspondente perfil de temperaturas (b). (Adaptado de Mozeto, 2001, p. 43).

A concentração de ozono na atmosfera é expressa em unidades Dobson em homenagem a Gordon Miller Bourne Dobson (1889-1976), físico e meteorologista inglês que dedicou grande parte da sua vida à medição e ao estudo do ozono atmosférico. Uma unidade Dobson (1 DU) é definida, de acordo com a IUPAC, como a quantidade de ozono que existe numa coluna de ar com espessura de 0,01 mm, medida à pressão de 760 Torr e à temperatura de 0°C. Por exemplo, a concentração de ozono, numa determinada região, ser igual a 300 DU, significa que se todo o ozono existente sobre essa área fosse comprimido, formaria uma camada com uma espessura de 3 mm.

Como o nome indica, na estratosfera, as massas de ar encontram-se estratificadas, pelo que qualquer modificação na composição desta camada só muito dificilmente será corrigida, uma vez que o processo de homogeneização está dificultado. A estratopausa é a zona de transição para a mesosfera e apresenta temperaturas médias de 0°C.

Segue-se a mesosfera até cerca de 80 km de altitude. Nesta zona a temperatura decresce rapidamente dos 0°C para os - 80°C (Camões, 2009), sendo a concentração de ozono e de outros gases baixa. A mesopausa estende-se até à termosfera, zona da

atmosfera caracterizada por altas temperaturas como resultado da absorção de radiação de energia mais elevada pelas moléculas de azoto ( $N_2$ ) e oxigénio ( $O_2$ ), entre outras, com formação dos respetivos iões. (Seinfeld & Pandis, 2006). A ionosfera corresponde à zona mais alta da mesosfera e mais baixa da termosfera onde, por fotoionização, se formam diferentes iões. É nesta região que se formam as auroras boreais (polo norte) e austrais (polo sul) (Figura 3.4).



*Figura 3.4. Aurora boreal.*

As erupções solares levam à projeção para o espaço de uma grande quantidade de eletrões e prótons que colidem com moléculas e átomos existentes na ionosfera, originando espécies ionizadas e eletricamente excitadas. Quando estas espécies voltam ao estado fundamental, emitem radiação visível com comprimento de onda característico. Assim, um átomo de oxigénio excitado emite fotões com comprimento de onda igual a 558 nm (verde) e entre 630 e 636 nm (encarnado), de acordo com o esquema  $O^* \rightarrow O + h\nu$ . A cor azul e a cor violeta, características das auroras boreais e austrais, correspondem à emissão de fotões com comprimento de onda compreendidos entre 391 nm e 470 nm pela espécie  $N_2^{+*}$  (Chang, 2010), como se mostra no esquema  $N_2^{+*} \rightarrow N_2^+ + h\nu$ . Os eletrões e os prótons são orientados pelo campo magnético da Terra, o que se traduz na forma característica de anel que as auroras boreais e as auroras austrais apresentam. Na exosfera, parte exterior da termosfera, a matéria escapa à ação atrativa da gravidade terrestre. Esta zona dilui-se no espaço interestelar a partir dos 1000 km de altitude (Camões, 2009; Seinfeld & Pandis, 2006).

A variação da pressão e da densidade da atmosfera com a altitude estão traduzidas na Figura 3.2 (página 24). A pressão atmosférica à superfície da Terra é designada de pressão atmosférica standard e tem um valor de  $1,01325 \times 10^5$  Pa (Seinfeld & Pandis,

2006). Pelo que foi atrás descrito, a radiação proveniente do Sol, com diferentes comprimentos de onda, é absorvida ao longo de todas as camadas da atmosfera por diferentes espécies químicas (Figura 3.5).

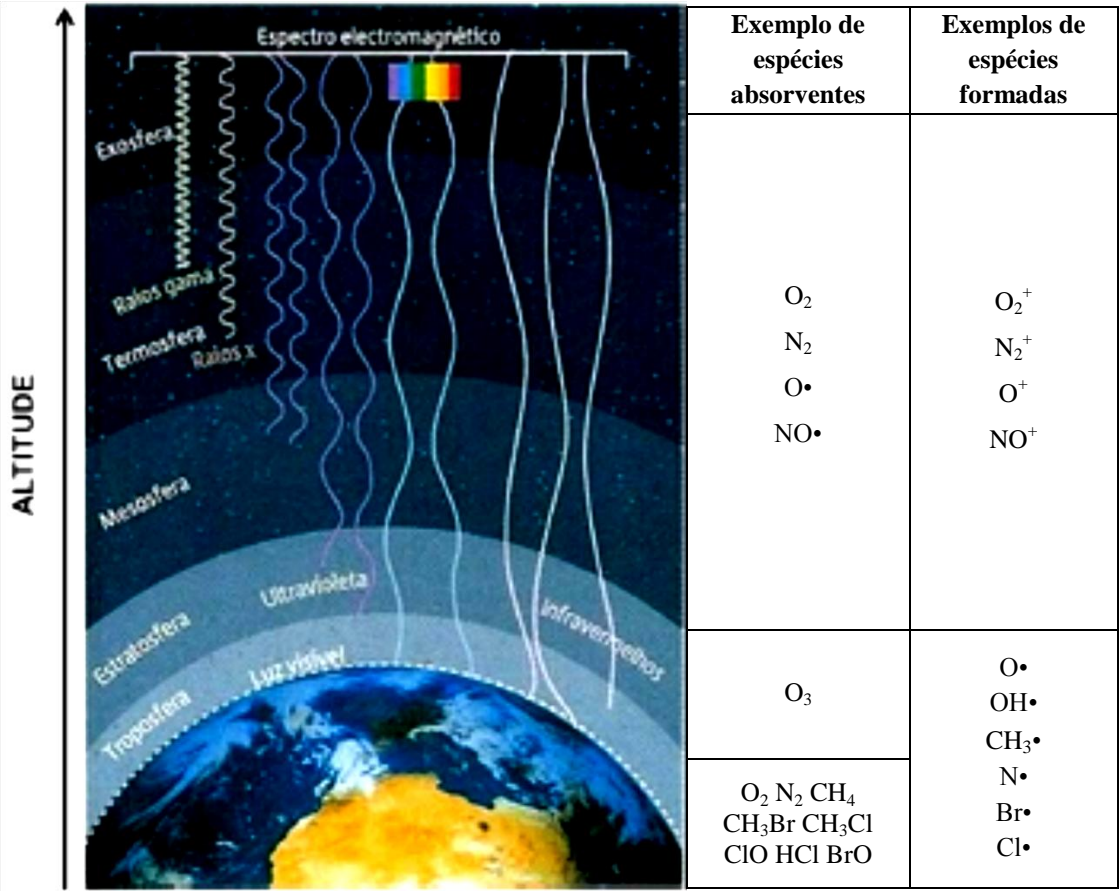


Figura 3.5. Atmosfera terrestre como filtro da radiação proveniente do Sol. (Adaptado de <http://atm-revolution.blogs.sapo.pt/tag/resumos> a 29 de janeiro de 2014).

Assim, a atmosfera terrestre é um filtro solar da Terra. Ela protege o Planeta das radiações mais energéticas provenientes do Sol, com a formação de diferentes espécies químicas por fotoionização ou fotodissociação. No entanto, como refere Camões (2009) é importante para a manutenção da vida que à superfície terrestre chegue radiação ultravioleta–A (UV-A) de comprimento de onda compreendido entre 315 nm e 400 nm. Este tipo de radiação permite, por exemplo, a síntese da vitamina D no organismo e o crescimento saudável dos ossos. Já uma exposição mais prolongada à radiação ultravioleta mais energética, UV-B e UV-C, pode ter consequências graves, como por exemplo, originar mutações genéticas, promover o desenvolvimento de melanomas e afetar a taxa de crescimento das plantas.



Apesar de à Terra chegar radiação proveniente de todo o universo, a principal fonte de energia do Planeta é o Sol. Da radiação solar que atinge o topo da atmosfera, aproximadamente 30% é refletida de volta para o espaço pelas nuvens, partículas existentes na atmosfera e superfície atmosférica (Figura 3.6). O albedo define-se como a fração da radiação incidente que é refletida por uma superfície. Assim, o albedo da Terra é cerca de 30% (Camões, 2009). No esquema (Figura 3.6) pode observar-se que dos 100% da radiação incidente, 51% é absorvida pela superfície terrestre, 16% é absorvida por partículas que existem na atmosfera e 3% é absorvida pelas nuvens, perfazendo um total de 70%. Esta absorção é realizada de forma seletiva pois diferentes moléculas absorvem radiação com um comprimento de onda específico.

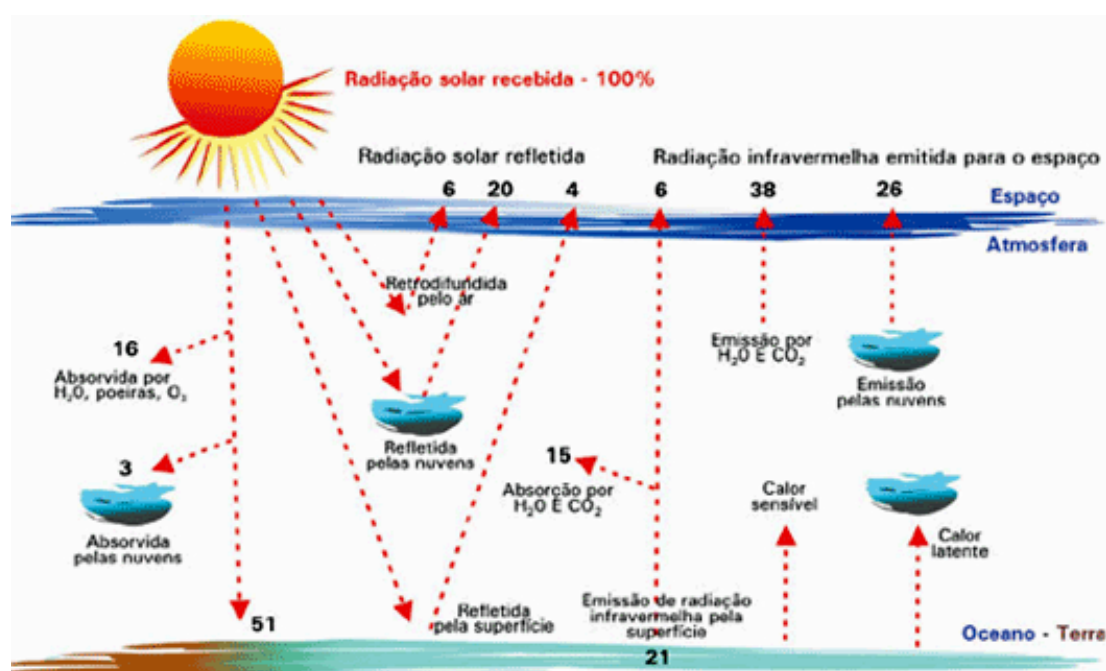


Figura 3.6. Distribuição da radiação solar que atinge o topo da atmosfera. (Retirado de <http://clictempo.clicrbs.com.br/mclimaticasrbs/perguntas/> a 29 de janeiro de 2014).

A radiação infravermelha (IV) emitida pela superfície da Terra é absorvida por algumas partículas existentes na atmosfera, como por exemplo o vapor de água e o dióxido de carbono. Ao absorverem radiação IV, as moléculas daqueles gases aumentam a sua agitação, originando um aumento da temperatura (Serway & Jeewett, 2010). Posteriormente, aquelas espécies emitem a radiação IV, regressando ao estado de menor energia (vibracional) (Chang, 2010). Desta, uma percentagem é reenviada para superfície da Terra, sendo absorvida com o consequente aumento da temperatura média. Este fenómeno é conhecido como efeito de estufa. É um processo natural que mantém a

temperatura média da Terra sensivelmente igual a 15 °C. Na ausência deste fenómeno e realizando um balanço energético à Terra, pode determinar-se a temperatura média. Esta seria cerca de -18°C.

Assim, para além de ser o escudo protetor das radiações mais energéticas, a atmosfera terrestre é um reservatório de diferentes substâncias como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o oxigénio (O<sub>2</sub>) e compostos azotados essenciais à manutenção da vida. A atmosfera também constitui um componente fundamental do ciclo hidrológico pois permite que ocorra o “transporte de água dos oceanos para os continentes” (Mozeto, 2001, p. 42). Por fim, protege a superfície da Terra de ser bombardeada por matéria, oriunda do espaço e que é atraída pelo campo gravítico da Terra.

### **Ozono estratosférico**

A poluição é a adição de partículas ou substâncias estranhas (poluentes) à água, aos alimentos, ao solo ou ao ar, em quantidades que prejudicam a saúde dos seres vivos, põem em causa a sua sobrevivência e os mecanismos de suporte à vida. A poluição atmosférica é um grave problema ambiental que está a afetar globalmente a vida no Planeta. É na troposfera que ocorrem fenómenos naturais e se desenvolvem atividades antropogénicas que resultam na emissão de poluentes, que sendo de origem local se repercutem a nível global. Devido à deslocação vertical e horizontal das massas de ar que ocorrem na troposfera, os poluentes são transportados na Camada Limite da Atmosfera (CLA) podendo atingir zonas de muitos quilómetros afastadas do local onde foram emitidos.

De acordo com as suas propriedades, os poluentes podem atravessar a troposfera sem sofrerem transformações, chegando à estratosfera onde podem permanecer durante um longo período de tempo sem sofrer qualquer tipo de reação. Uma vez emitidos para a atmosfera, as espécies poluentes podem sofrer reações químicas ou fotoquímicas. A atmosfera é um gigantesco reator químico, no qual uma enorme quantidade de substâncias estão a ser continuamente introduzidas e, do qual se retiram também de forma contínua, substâncias com propriedades totalmente distintas das iniciais. É importante conhecer que reações químicas ocorrem na atmosfera e os seus mecanismos, para se poder compreender a forma de atuação dos diferentes poluentes e assim, conseguir intervir, no sentido de, por um lado, diminuir a quantidade de certos

poluentes que se envia para a atmosfera e, por outro, atuar no sentido de minimizar os seus efeitos. Uma das principais consequências da poluição atmosférica é a destruição da camada de ozono estratosférico.

O ozono ( $O_3$ ) é um gás reativo oxidante produzido naturalmente em quantidades vestigiais na atmosfera terrestre. Foi descoberto por Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) no século XIX. Este químico foi o primeiro a detetar ozono na atmosfera (Seinfeld & Pandis, 2006). Esta substância forma-se naturalmente na atmosfera. No entanto, o seu teor é muito inferior ao de oxigénio mas, ainda assim, em concentração suficiente para funcionar como filtro solar. Este composto é fundamental para manutenção da vida na Terra pois absorve, na estratosfera, as radiações ultravioletas (UV) solares com comprimento de onda entre os 240 nm e 320 nm (Seinfeld & Pandis, 2006). Radiações com este comprimento de onda são prejudiciais a organismos unicelulares, plantas e animais. Podem provocar queimaduras solares (efeito agudo), cancro de pele e mutações genéticas, problemas oftalmológicos, envelhecimento precoce, destruição de colheitas e desaparecimento de espécies. Uma redução no teor de ozono estratosférico traduz-se num aumento de radiação UV-B e UV-C que atingem a superfície da Terra. Seinfeld e Pandis (2006) referem que uma diminuição de 1% no ozono estratosférico traduz-se num aumento de 2% de radiação UV-B que chega à superfície terrestre.

O ozono ( $O_3$ ) é um gás azul, altamente instável, muito tóxico e que apresenta um cheiro caraterístico. A palavra ozono tem origem numa palavra grega, “ozein” que significa odor. Dadas as suas propriedades como oxidante, o ozono é utilizado como desinfetante no tratamento de águas de abastecimento público, de águas industriais, de aquários e como agente branqueador na indústria do papel e dos têxteis. A sua inalação, mesmo em pequenas quantidades, pode ser mortal para o Homem. Desta forma, o ozono é perigoso para o Homem e outros seres vivos, tendo sido estabelecidos valores-limites de referência que se apresentam no Quadro 3.1.

### Quadro 3.1

*Valores limites de segurança<sup>1</sup> para o ozono.*

Designação	Valor / $\mu\text{g m}^{-3}$	Período médio considerado
Limiar de proteção da saúde	110	8 horas
Limiar de informação da população	180	1 hora
Limiar de alerta à população	360	1 hora

Pode distinguir-se o ozono estratosférico do ozono troposférico. O ozono estratosférico, também designado de “bom ozono”, protege a Terra do efeito nocivo das radiações ultravioletas. O ozono troposférico é o “mau ozono” e pode ser muito prejudicial aos seres vivos. Estudos espectrofotométricos, no final do século XIX, mostraram que a concentração de ozono ( $\text{O}_3$ ) na atmosfera não é uniforme, variando com a altitude e atingindo um valor máximo aproximadamente a 25 km (Figura 3.7).

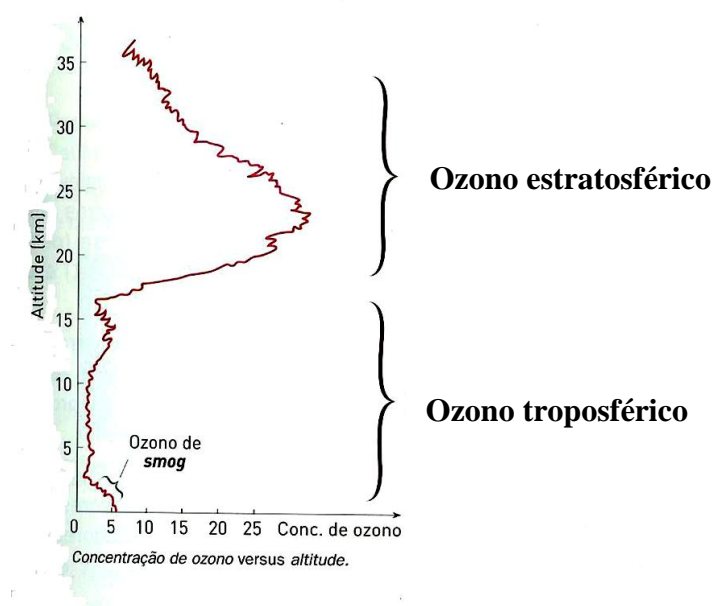
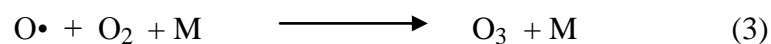
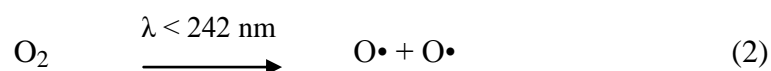


Figura 3.7. Concentração do ozono estratosférico e troposférico. (Adaptado de <http://www.risco.com.br/NL/MOL/14/Camada-de-ozonio.htm> a 24 de janeiro de 2014).

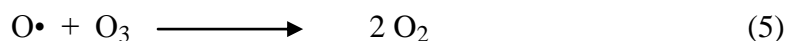
Relativamente ao ozono estratosférico, o seu processo de formação inicia-se com a absorção de radiação UV pelas moléculas de  $\text{O}_2$  existentes na estratosfera e consequente cisão da ligação entre os átomos de oxigénio da molécula, como se mostra

<sup>1</sup> Adaptado de Camões, F. (2009). Poluição troposférica e buraco estratosférico, p. 31.

na equação (2). Formam-se radicais livres de oxigénio ( $O\bullet$ ), reativos, que se ligam a moléculas de  $O_2$ , formando o ozono ( $O_3$ ), equação (3).



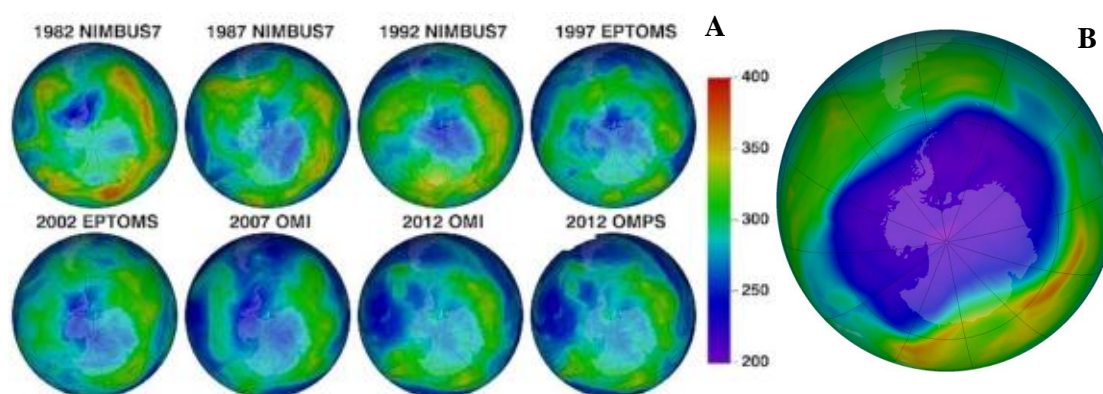
M é uma substância inerte, como o  $N_2$ , que absorve parte da energia libertada nesta reação, evitando a decomposição espontânea da molécula de  $O_3$ . A energia que não é absorvida liberta-se como energia térmica. À medida que as moléculas da substância M sofrem desexcitação, libertam mais energia para a vizinhança, verificando-se um aumento da temperatura. Também o ozono ( $O_3$ ) formado absorve radiação UV, equação (4), originando oxigénio molecular ( $O_2$ ) e um radical livre de oxigénio ( $O\bullet$ ). A decomposição do ozono pode ainda ocorrer por reação deste composto com o oxigénio atómico, equação (5). Assim, em simultâneo com o processo de formação de ozono na estratosfera ocorre o processo que conduz à sua decomposição fotoquímica:



O mecanismo de formação e decomposição natural do ozono, equações (2) à (5), foi proposto, em 1930, por Sydney Chapman (1888- 1970), cientista inglês. Este mecanismo ficou conhecido como o mecanismo de Chapman (Camões, 2009; Seinfeld & Pandis, 2006). A formação e destruição do ozono por processos naturais constituem um equilíbrio dinâmico e delicado que mantém a concentração de ozono constante na estratosfera. O ozono troposférico, tal como o estratosférico, também se pode formar e decompor por ação da radiação solar. No entanto, o “mau” ozono forma-se preferencialmente através de descargas elétricas das trovoadas, não sendo emitido em quantidades significativas pelo Homem. Apesar disto, a sua concentração na troposfera tem vindo a aumentar como consequência de algumas atividades antropogénicas, nomeadamente, queima de combustíveis nos automóveis e indústria e a utilização de

aparelhos eletrônicos. Assim, os níveis de ozono troposférico apresentam uma variação sazonal e ao longo do dia.

O equilíbrio traduzido pelo mecanismo de Chapman tem sido perturbado pela emissão de origem antropogénica de compostos que reagem com o ozono estratosférico, nomeadamente, clorofluorcarbonetos (CFC), compostos halogenados (com Cl e Br) e solventes como tetracloreto de carbono ou o benzeno, que diminuem a concentração do ozono estratosférico. As advertências sobre a diminuição da camada de ozono começaram a fazer-se ouvir nos anos setenta do século passado e o problema foi pela primeira vez discutido, em 1976, pelas Nações Unidas. Em 1985, cientistas ingleses liderados pelo Dr. Joe Farman, confirmaram, após medições cuidadosas e com recurso a técnicas e a instrumentos de medida precisos, a existência de um “buraco” considerável na camada de ozono, na zona da Antártida. Os satélites de observação americanos corroboraram esta descoberta. A sequência de imagens (Figura 3.8 A) permite avaliar a dimensão do “buraco” da camada do ozono estratosférico, ao longo do tempo, no hemisfério sul. Mostra-se também a imagem (Figura 3.8 B) referente à maior área, até hoje identificada, correspondente ao “buraco do ozono” ocorrida no dia 24 de setembro de 2006. A NASA monitoriza diariamente a concentração do ozono estratosférico<sup>2</sup>.



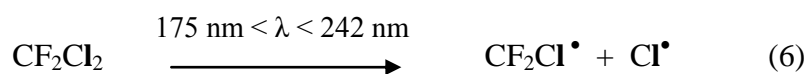
*Figura 3.8.* Evolução da dimensão do “buraco de ozono” ao longo do tempo, no hemisfério sul (A); Dimensão do “buraco de ozono” no dia 24 de setembro de 2006 (B). (Retirado de <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/> a 26 de janeiro de 2014).

---

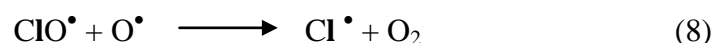
<sup>2</sup> Esses resultados podem ser consultados em <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>. Neste *site*, pode acompanhar-se o atual estado da camada de ozono e a sua evolução histórica.

Se por um lado, poluentes como óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ) e compostos orgânicos voláteis (VOC) conduzem a um aumento da concentração do ozono troposférico, por outro, na estratosfera, reagem cataliticamente com o ozono, diminuindo a sua concentração. Em 1995 Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Roland foram laureados com o Prémio Nobel da Química pelo seu trabalho sobre o mecanismo de formação e decomposição do ozono. O seu contributo foi de extrema importância para perceber a forma como a camada estratosférica do ozono é afetada por substâncias produzidas e lançadas para a atmosfera pelo Homem (Camões, 2009), nomeadamente os clorofluorcarbonetos (CFC). Estes são compostos orgânicos também designados por fréons contêm na sua composição carbono, cloro e fluor, e são produzidos como derivados do metano, etano e propano. Foram produzidos pela primeira vez, em 1930, pelo engenheiro Thomas Midgley para substituir o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e o clorometano ( $\text{CH}_3\text{Cl}$ ) como fluido de refrigeração. São compostos quimicamente estáveis, relativamente inertes, não combustíveis, não corrosivos, não tóxicos, voláteis (Chang, 2010) e com custos de produção baixos. Foram utilizados como refrigerantes de frigoríficos e de aparelhos de ar condicionado, dispersores em *sprays*, gases de limpeza de componentes elétricos, esterilizadores de instrumentos hospitalares.

Estes compostos chegam à estratosfera sem sofrerem qualquer reação na troposfera. Ao absorverem radiação UV com comprimento de onda compreendido entre 175 nm e 242 nm, decompõem-se libertando radicais livres de cloro ( $\text{Cl}^\bullet$ ), equação (6). Estes reagem com a molécula de ozono, decompondo-a, de acordo com a equação (7) (Chang, 2010), originando oxigénio molecular e a espécie  $\text{ClO}^\bullet$ .



Como estas reações de decomposição do ozono são mais rápidas do que a sua velocidade de formação, o equilíbrio é alterado e a concentração do ozono estratosférico diminui. O radical  $\text{Cl}^\bullet$  é recuperado pela reação traduzida pela equação (8) (Chang, 2010):



Não sendo consumido na reação, cada radical de cloro, pode catalisar a decomposição de milhares de moléculas de ozono. A espécie monóxido de cloro ( $\text{ClO}^\bullet$ ) é intermediária no mecanismo de destruição do ozono estratosférico pelos CFC, sendo importante para confirmar o mecanismo de destruição do ozono estratosférico (Chang, 2010; Mozeto, 2001) (Figura 3.9).

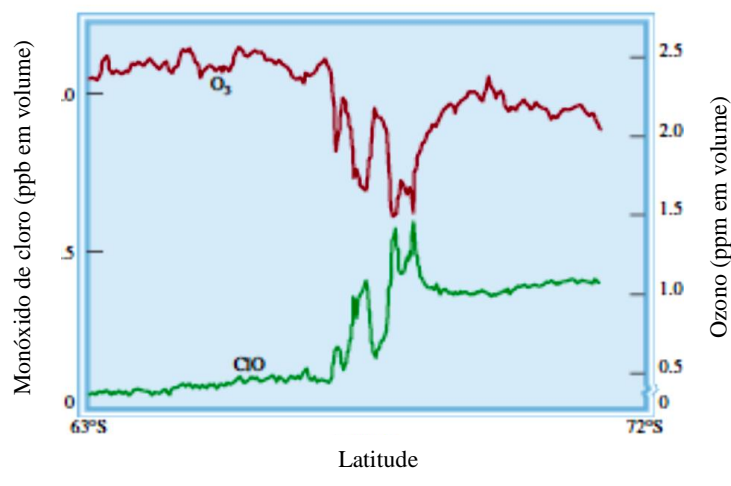
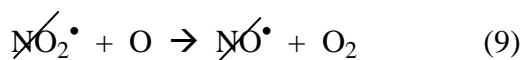


Figura 3.9. Variações das concentrações de  $\text{ClO}$  e  $\text{O}_3$  com a latitude. (Adaptado de Chang, 2010, p. 777).

Para além dos CFC, existem outras espécies químicas responsáveis pela destruição do ozono estratosférico. Entre elas, podem referir-se os radicais  $\text{OH}^\bullet$ ,  $\text{CH}_3^\bullet$ ,  $\text{HCO}^\bullet$  e  $\text{NO}^\bullet$ . Estas espécies “são radicais livres, átomos ou moléculas com pelo menos um eletrão desemparelhado e são altamente reativas” (Mozeto, 2001, p. 44). Por exemplo, o óxido de diazoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) quando chega a estratosfera colide de forma eficaz com átomos excitados de oxigénio originando, para além de moléculas de azoto ( $\text{N}_2$ ) e de oxigénio ( $\text{O}_2$ ), radicais  $\text{NO}_2^\bullet$ , que catalisam a decomposição de  $\text{O}_3$ , de acordo com as equações (9 e 10) (Mozeto, 2001):

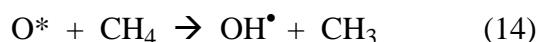




Também os radicais hidroxilo ( $\text{OH}^\bullet$ ) catalisam a decomposição do ozono estratosférico, em que participa o radical peróxido ( $\text{HOO}^\bullet$ ) de acordo com as equações (11 e 12) (Mozeto, 2001):



Por sua vez, o radical hidroxilo ( $\text{OH}^\bullet$ ) forma-se na estratosfera a partir da reação de átomos excitados de oxigénio ( $\text{O}^*$ ) e moléculas de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ou de metano (Equações 12 e 14).

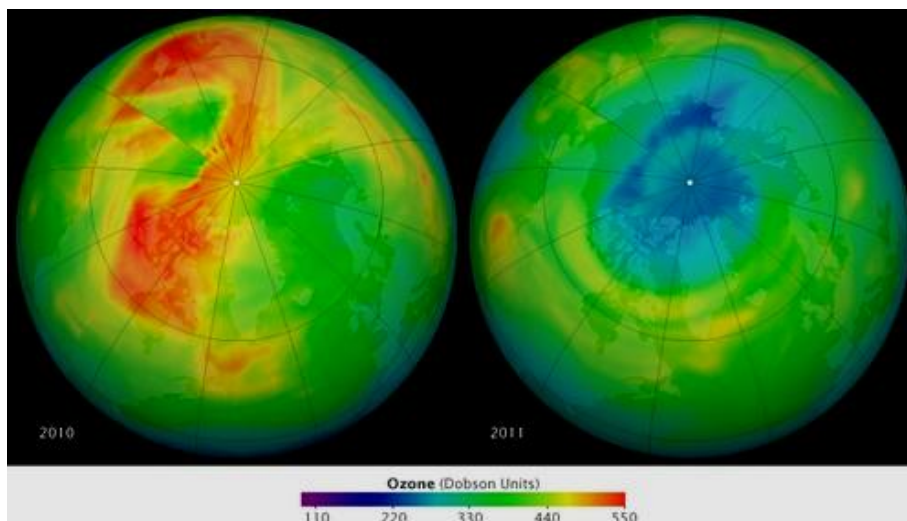


Existem ainda outros mecanismos de destruição do ozono estratosférico que envolvem por exemplo átomos de bromo e radicais  $\text{BrO}^\bullet$  (Mozeto, 2001).

A diminuição da concentração de ozono estratosférico é mais acentuada no polo sul. De acordo com Chang (2010) esta diminuição é originada por uma massa de ar rotativa designada por vórtice polar que favorece o transporte e a mistura do ozono com os diferentes poluentes. Acresce que temperaturas extremamente baixas, cerca de  $-80^\circ\text{C}$ , favorecem a formação de nuvens especiais, as nuvens estratosféricas polares, constituídas por pequeníssimos cristais de gelo, onde os diferentes poluentes, nomeadamente os CFC são fortemente adsorvidos. Na primavera, os CFC são desadsorvidos, sendo ejetados para a estratosfera, onde a radiação ultravioleta, altamente energética, desencadeia a destruição maciça do ozono estratosférico (Camões, 2009; Chang, 2001).

A situação junto do Circulo Polar Ártico é menos crítica pois a estratosfera não atinge temperaturas tão baixas e o vórtice polar não está tão bem definido, existindo em menor escala (Chang, 2010). No entanto, medições realizadas sobre a região do polo norte mostram que o teor de ozono estratosférico está a diminuir, podendo estar a aproximar-se dos valores medidos na Antártica (Figura 3.10). De acordo com a Agência Espacial Europeia (ESA), esta diminuição deve-se ao facto de se terem verificado

temperaturas particularmente baixas, o que permitiu reunir condições semelhantes às que se verificam no polo sul, permitindo uma decomposição em larga escala do ozono estratosférico da região do Ártico.



*Figura 3.10.* Comparação da dimensão do “buraco de ozono”, no hemisfério norte, em março de 2010 e 2011. (Retirado de <http://atividadesonline.blogspot.pt/2011/04/destruicao-de-ozono-no-arctico.html> a 26 de janeiro de 2014).

O uso de CFC foi proibido, pelo que hoje em dia estes compostos já não são produzidos. No entanto, os aparelhos de ar condicionado e os frigoríficos ainda utilizados poderão ter sido fabricados com estes compostos, continuando a emitir CFC para a atmosfera. Além disso, o tempo de permanência destes compostos na atmosfera é muito prolongado, por isso, ainda se vão sentir os efeitos do seu uso durante muitos anos. Também tem sido feito um esforço por encontrar substitutos para os CFC que não sejam prejudiciais para o ozono. Porém, ainda não se conhece muito bem as consequências que alguns destes compostos poderão ter na atmosfera

### **Fundamentação Didática**

Esta secção está organizada em quatro subsecções. Na primeira faz-se uma breve contextualização do ensino da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”. Na segunda, apresenta-se a organização da proposta didática e na terceira descrevem-se sucintamente as aulas e as tarefas realizadas pelos alunos. Por fim, na última, faz-se referência ao modo como os alunos são avaliados.

## **Contextualização da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”.**

A disciplina de Física e Química A é uma das disciplinas da componente de formação específica dos alunos do ensino secundário do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. O programa da disciplina enfatiza uma abordagem problemática CTSA e propõe que os alunos respondam a questões-problema diversificadas, recorrendo a “grandes temas-problema da atualidade com contextos relevantes para o desenvolvimento e aprofundamento dos conceitos” (Martins et al., 2001, p. 5). Desta forma, e tal como é referido no programa da disciplina, é importante que os alunos desenvolvam um conjunto de temas que lhes permitam entender conceitos e explicações, ainda que de forma simplificada, para que possam ter uma melhor compreensão do “mundo como hoje existe” (Martins et al., 2001, p. 9), os fenómenos naturais que ocorrem, a sua origem, consequências e previsão da evolução dos mesmos.

É também preconizado, no mesmo documento, que os alunos desenvolvam a sua literacia científica, numa perspetiva de cidadania que possibilite, não só, a sua formação a nível cívico, mas que permita que os alunos realizem uma escolha consciente a nível profissional. Assim, neste documento, privilegia-se a abordagem de conteúdos que promovam o desenvolvimento de valores e princípios, a relação entre experiências vivenciadas pelos alunos e experiências educativas, a combinação de atividades pedagógicas variadas, o envolvimento ativo dos alunos na busca de informação e do conhecimento e a exploração de temas atuais com valor social.

A unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura” insere-se no programa da disciplina Física e Química A com o objetivo de dar resposta a estes desafios. A abordagem desta unidade, no programa da disciplina inicia-se com o estudo da evolução da atmosfera, analisando a composição da atmosfera primitiva e a sua evolução até à composição atual. Explora-se o facto da composição da atmosfera atual estar a sofrer alterações devido à ação de diferentes agentes (naturais e antropogénicos), sendo discutidas algumas das consequências para a vida no planeta, em particular a destruição do ozono estratosférico. Faz-se uma breve descrição das diferentes camadas da atmosfera e discute-se a importância da interação radiação-matéria para a existência de vida na Terra.

Apresenta-se um esquema organizador dos conceitos a desenvolver na unidade didática “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura” e das principais relações entre eles (Figura 3.11).

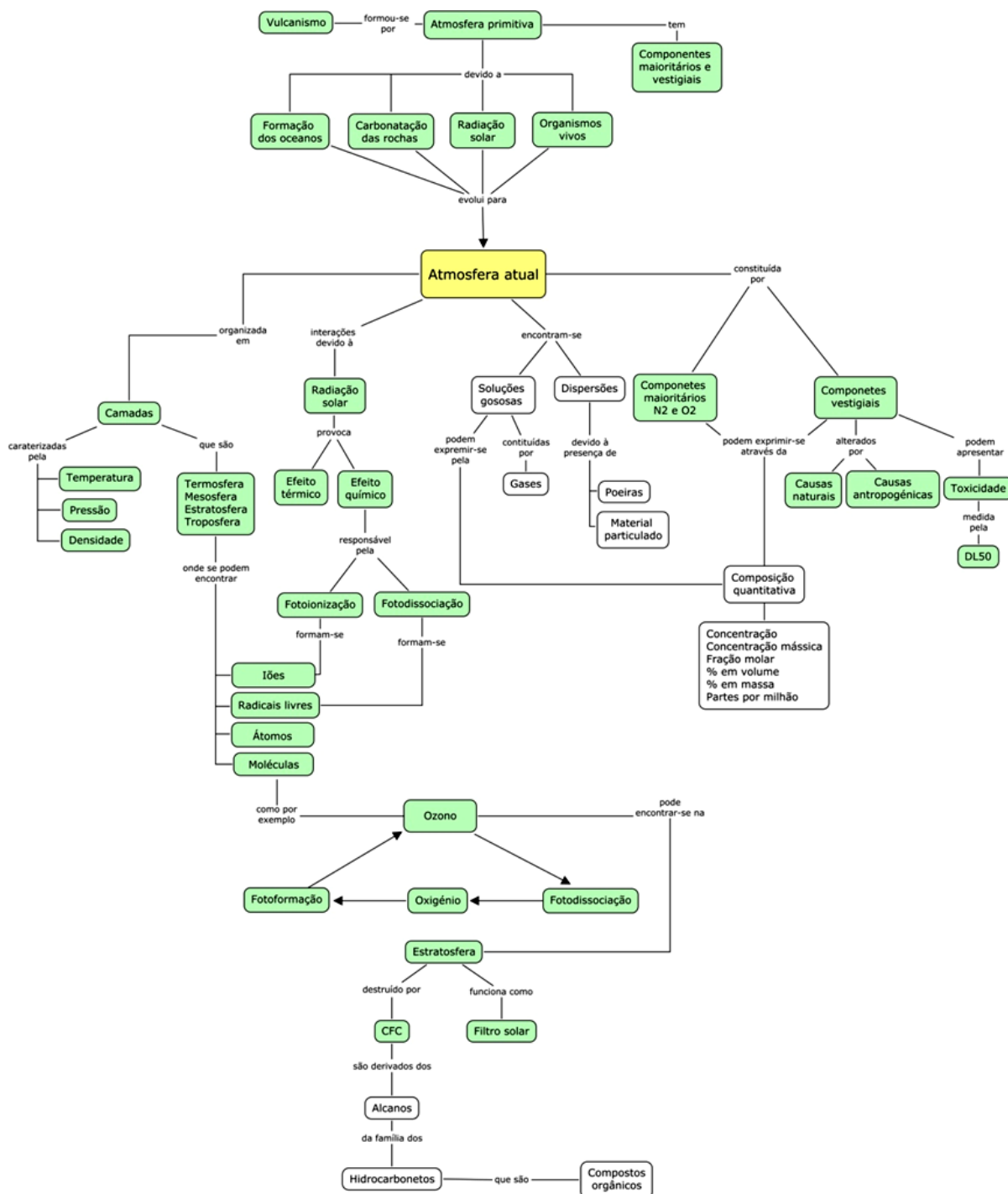


Figura 3.11. Esquema organizador das subunidades didáticas. Os conceitos desenvolvidos nas tarefas estão identificados com a cor verde<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Adaptado de Martins, I. (Coord.), Costa, J., Lopes, J., Magalhães, M., Simões, M., Simões, T., Bello, A., San-Bento, C., Pina, E., & Caldeira, H. (Coord.). (2001). *Programa de Física e Química A: 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, p. 45.

Este mapa conceitual permite ter uma visão global da unidade. Note-se que alguns destes conceitos não foram desenvolvidos nas tarefas que se apresentam, tendo sido abordados em outras aulas. Como se pode observar o conceito central é a atmosfera e todos os outros se relacionam com este. A partir deste conceito central, os alunos trabalham diferentes conceitos, sempre com uma abordagem CTSA, estabelecendo relações e descrevendo os fenómenos para melhor compreenderem o mundo que os rodeia. As tarefas propostas, cinco tarefas de investigação e uma de *role-play* (tarefa 6) inserem-se na unidade 2 da Componente da Química do Programa de Física e Química A do 10.º ano do ensino secundário. De acordo com as principais características das tarefas de investigação apresentadas por Wellington (2000) e de discussão, nomeadamente, o *role-play*, as tarefas realizadas vão ao encontro do que o programa valoriza, proporcionando os alunos propostas didáticas diversificadas e potenciando o desenvolvimento de um conjunto de competências em diferentes domínios.

### **Organização da Proposta Didática**

A proposta didática organiza-se numa sequência de seis aulas, quatro aulas de 90 minutos e duas aulas de 135 minutos. Estas últimas são aulas de turno: o primeiro turno com 16 alunos e o segundo, com 14 alunos. As aulas são planificadas de acordo com o programa da disciplina (Apêndice A) e tendo em conta as principais características definidas por Wellington (2000) para as tarefas de investigação. É dada especial ênfase à abordagem CTSA dos temas trabalhados. Todos os alunos da turma realizam as seis tarefas que se apresentam no apêndice B, e trabalham em grupo de três ou quatro elementos.

De uma forma geral, é desenvolvida uma tarefa por aula. No entanto, há necessidade de, em alguns casos, prolongar a tarefa por mais do que uma aula, tal como se pode verificar nas planificações que se apresentam. Apesar desta situação, as aulas são planificadas de forma a contemplar os diferentes momentos apresentados por Ponte et al. (2008): apresentação da tarefa, desenvolvimento do trabalho dos alunos, discussão e síntese final. Assim, no início de cada tarefa, esta é introduzida, fazendo-se referência aos principais objetivos, à forma como os alunos vão trabalhar e como vão ser avaliados. Para Ponte et al. (1999) este momento é útil para “clarificar a tarefa e

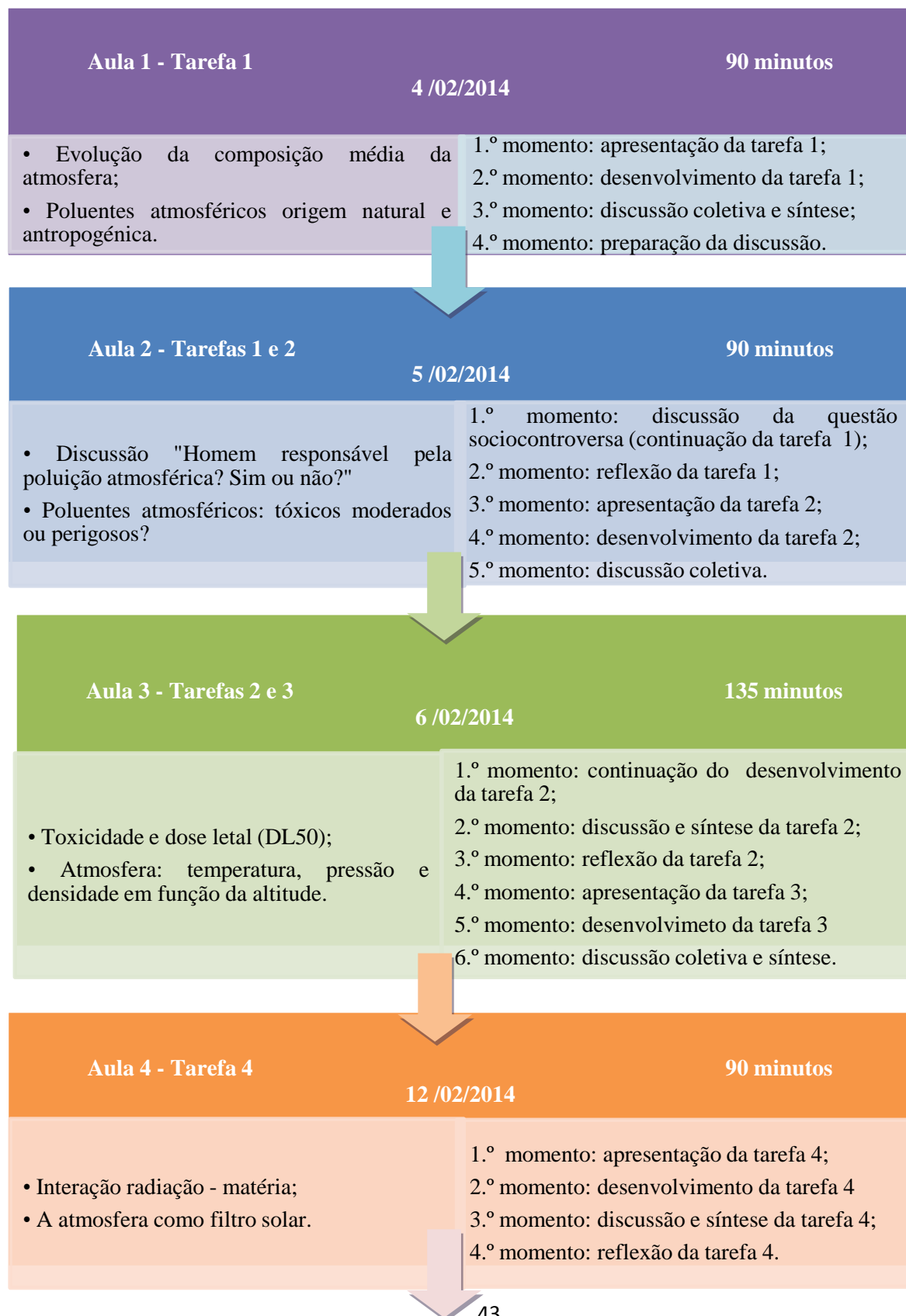
explicitar o tipo de trabalho” e “criar um ambiente favorável ao desenvolvimento do trabalho dos alunos” (p. 5).

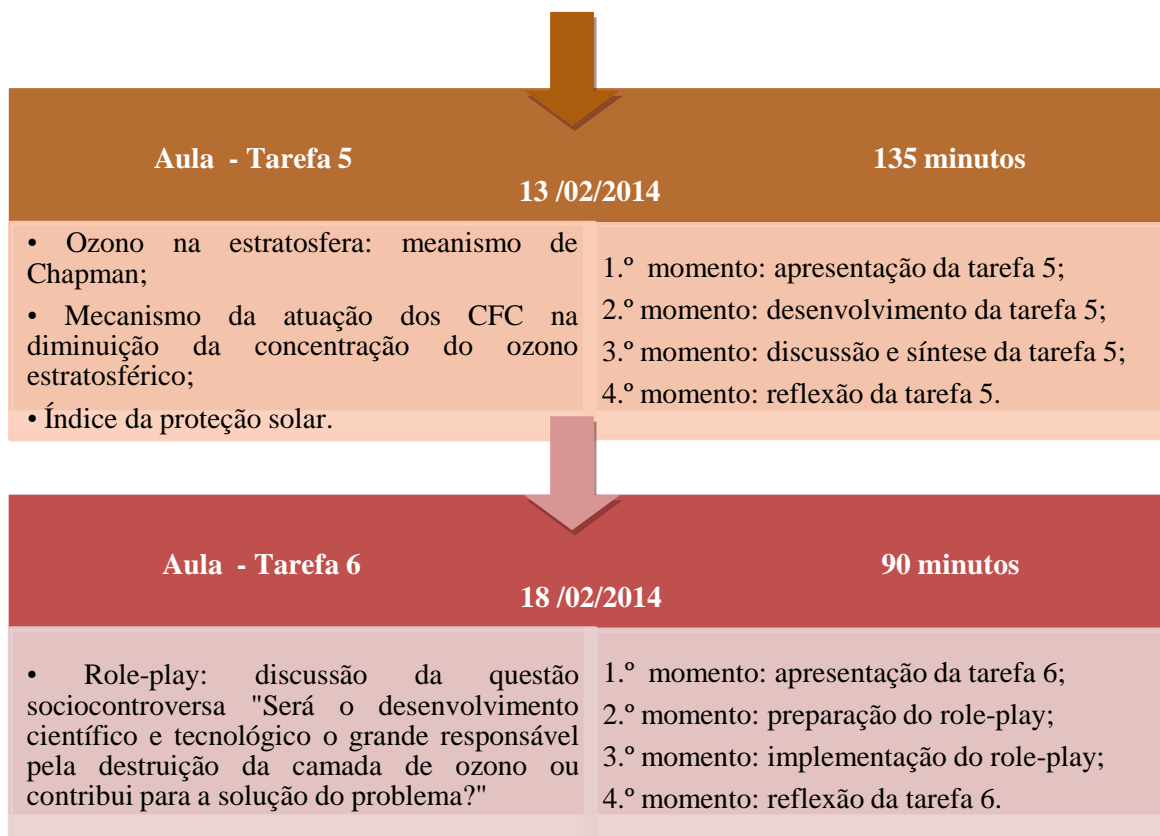
Num segundo momento, desenvolvimento da tarefa, os alunos são confrontados com uma questão problema que têm que resolver. Durante a realização da tarefa, os alunos desenvolvem diferentes atividades, de acordo com as características da tarefa proposta e colaboram para a apresentação de um produto final, tendo que delinear diferentes estratégias, analisar e interpretar dados para conseguirem resolver os problemas que lhes são propostos. Desenvolvem, o seu trabalho, numa atitude de procura de informação e envolvimento ativo na construção do seu conhecimento, existindo o cuidado, tal como refere Ponte et al. (1999), em “centrar a aula na atividade dos alunos, nas suas ideias e na sua pesquisa” (p. 6). A professora acompanha o trabalho desenvolvido pelos alunos, esclarece as dúvidas que vão surgindo e orienta os alunos de forma a promover o raciocínio, estimulando-os a analisar e refletir sobre o trabalho que desenvolvem e a “procurar significado para as suas descobertas” (Ponte et al., 1999, p. 7).

Em todas as tarefas realiza-se uma discussão coletiva (terceiro momento) que é orientada e moderada pela professora. Os alunos são confrontados com estratégias de resolução e justificações diferentes das suas e têm que fundamentar as respostas dadas, argumentar os seus pontos de vista e questionar os colegas. Este momento é fundamental para que os alunos esclareçam as suas dúvidas, clarifiquem ideias, sistematizem algumas conclusões, validem resultados (Ponte et al., 1999) e desenvolvam a linguagem científica. Segue-se o momento da síntese final durante o qual, com a colaboração de todos os alunos, os principais aspetos teóricos abordados durante a realização da tarefa e as principais conclusões da discussão coletiva são sistematizados e organizados. No final da tarefa é ainda solicitado que os alunos efetuem uma reflexão do trabalho desenvolvido, referindo as aprendizagens realizadas, as dificuldades que sentiram, o que gostaram mais e menos durante a realização da tarefa e a forma como desenvolveram o trabalho.

As tarefas de investigação que se propõem seguem o modelo descrito por Bybee et al. (2006), pelo que, apresentam ainda um outro momento correspondente ao “Vão Mais Além” em que os alunos aprofundam os conceitos trabalhados e resolvem questões adicionais. Este momento é realizado ou em casa ou em aula e, na maioria das vezes, antes de efetuarem a reflexão da tarefa. Apresenta-se a planificação de seis aulas

durante as quais os alunos realizam seis tarefas que seguem o modelo proposto por Bybee et al. (2006) para as tarefas de investigação. Apresenta-se a sequência das aulas com uma descrição breve das mesmas (Figura 3.12).





*Figura 3.12.* Sequência das aulas lecionadas e das tarefas realizadas pelos alunos na abordagem CTSA da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”.

As tarefas de investigação e o *role-play* tiveram, como já foi referido, uma abordagem CTSA e permitiram que os alunos desenvolvessem e mobilizassem um conjunto de competências em diferentes domínios. Foram abordados conceitos de diferentes subunidades: “Evolução da atmosfera – breve história”; “Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude”, “Interação radiação-matéria” e “O ozono na estratosfera”. No Quadro 3.2, apresentam-se as principais competências de diferentes domínios desenvolvidas e mobilizadas pelos alunos durante a realização das tarefas.



### Quadro 3.2

*Competências de diferentes domínios desenvolvidas e mobilizadas pelos alunos durante a realização das tarefas<sup>4</sup>.*

Tipo	Competência	Tarefa					
		1	2	3	4	5	6
Conceitual	• Explicar conceitos e estabelecer relações.	X	X	X	X	X	X
	• Conhecer marcos importantes na História da Física e da Química.	X				X	X
	• Reconhecer o impacto do conhecimento físico e químico na sociedade.	X	X	X	X	X	X
	• Explicitar áreas de intervenção da Física e da Química em contextos pessoais, sociais, políticos, ambientais...	X	X	X	X	X	X
	• Interpretar dados recolhidos em diferentes fontes e confrontá-los com hipóteses de partida e/ou com outros de referência.	X		X	X		
	• Formular hipóteses e questões.	X		X		X	X
Processual	• Selecionar informação de diferentes fontes e em situações concretas para dar resposta a uma questão-problema.	X	X	X	X	X	X
	• Analisar e avaliar de modo crítico a informação recolhida.	X	X	X	X	X	X
	• Registar e organizar a informação recolhida em diversas fontes.	X	X	X	X	X	X
	• Organizar um plano de ação para dar resposta a uma questão-problema.		X		X		
Social, Atitudinal e Axiológico	• Rentabilizar o trabalho de equipa através de processos de negociação, conciliação e ação conjunta, com vista à apresentação de um produto final.	X	X	X	X	X	X
	• Apresentar uma argumentação que defenda um determinado ponto de vista.	X	X	X	X	X	X
	• Explicitar potencialidades e as limitações do empreendimento científico e as suas interações com a tecnologia, a sociedade e o ambiente.						X
	• Apresentar e discutir na turma propostas de trabalho e resultados.	X	X	X	X	X	X
	• Assumir responsabilidade nas suas posições e atitudes.	X	X	X	X	X	X
	• Adequar ritmos de trabalho aos objetivos das atividades.	X	X	X	X	X	X

### Breve descrição das tarefas

Nesta subsecção descrevem-se sucintamente as tarefas de investigação realizadas pelos alunos. Estas seguem o modelo dos cinco E's, iniciando-se cada uma com a identificação clara do problema que os alunos têm que resolver. Apresentam-se as diferentes fases do modelo seguido. Por fim, descreve-se sucintamente a tarefa de *role play*.

<sup>4</sup> Adaptado de Martins, I. (Coord.), Costa, J., Lopes, J., Magalhães, M., Simões, M., Simões, T., Bello, A., San-Bento, C., Pina, E., & Caldeira, H. (Coord.). (2001). *Programa de Física e Química A: 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação, p. 8.

## **Tarefas de investigação**

A primeira fase do modelo dos cinco E's corresponde à fase do envolvimento dos alunos na tarefa, na qual estes realizam tarefas diversificadas que os motivam para a aprendizagem e para a resolução da questão que orienta toda a tarefa. Assim, são várias as estratégias utilizadas nesta etapa, como se pode ver no Quadro 3.3. Na tarefa 1, os alunos visualizam um vídeo sobre a composição química da atmosfera primitiva, na segunda, leem uma notícia sobre as consequências da poluição atmosférica na União Europeia e uma banda desenhada que questiona um aspeto particular (toxicidade dos poluentes atmosféricos) apresentado na notícia. Na tarefa 3, mostra-se uma imagem em banda desenhada, na qual a Mafalda (personagem) coloca uma questão sobre a variação da temperatura na atmosfera. Na tarefa 4, é apresentado aos alunos um pequeno texto no qual se faz uma breve descrição da superfície lunar e da forma como esta é atingida diariamente por radiações solares intensas o que não permite a existência de vida, tal como a conhecemos. Os alunos são desafiados a responder à questão “o que permite a existência de vida na Terra?”. Na tarefa 5, apresenta-se uma notícia sobre o buraco da camada de ozono sobre o Ártico.

Na fase seguinte (fase da exploração) é pedido aos alunos, na primeira tarefa, que formulem duas questões específicas que a visualização do vídeo lhes sugira e que gostassem de investigar. Para darem resposta às questões formuladas devem realizar uma pesquisa no manual. Depois de apresentarem e discutirem as respostas em turma, os alunos leem um texto que promove a discussão em torno da questão sociocientífica controversa: “Homem, responsável pela emissão de gases poluentes? Sim ou não?”. A turma é dividida ao meio e uns grupos defendem, apresentando os respetivos argumentos que preparam em aula, que a poluição é de origem antropogénica e outros alunos defendem que a poluição é de origem natural. Para prepararem os argumentos que sustentam cada uma das posições, os alunos realizam pesquisas em diferentes fontes. Relativamente à tarefa 2, a fase do explorar corresponde à identificação do principal problema referido na notícia (poluição atmosférica) e das principais consequências do mesmo. Os alunos têm de delinear um plano de intervenção que ajude a resolver o problema identificado. Na Parte II da tarefa fazem uma pesquisa no sentido de ajudar uma das personagens da banda desenhada (o João) a compreender melhor o significado de toxicidade, dose letal e perigosidade.

Na terceira tarefa, os alunos formulam uma hipótese explicativa para a questão que Mafalda (personagem) coloca e realizam uma pesquisa no manual no sentido de explicar por que razão a temperatura em toda a atmosfera não é constante. Na quarta tarefa de investigação, na fase do explorar, os alunos definem um plano de para responder à questão “o que permite a existência de vida na Terra?”. Nesta tarefa, é fornecida aos alunos uma tabela onde podem recolher a informação necessária para dar resposta a esta questão. Mais uma vez, os alunos realizam uma pesquisa no manual da disciplina. Por fim, na quinta tarefa, os alunos formulam três questões que a leitura da notícia lhes sugira e pesquisam a informação para dar resposta a essas questões.

A fase seguinte do modelo corresponde à fase do explicar durante a qual, os alunos dão resposta à questão-problema e comunicam as suas conclusões aos restantes colegas da turma. As respostas dos diferentes grupos são discutidas em grande grupo e os conceitos desenvolvidos pelos alunos são clarificados e sistematizados. Este momento é aproveitado para fazer a síntese do que foi trabalhado pelos alunos durante a tarefa. Assim, na tarefa 1, os alunos registam os argumentos a apresentar e a defender na discussão da questão sociocientífica controversa. Nas tarefas 2, 3 e 5, registam as respostas às questões colocadas. Já na tarefa 4, apresentam primeiro, o plano de ação que vão delinear para dar resposta ao problema que se coloca e, depois de realizarem a pesquisa e seleção da informação necessária procedem ao registo das respostas. Nas cinco tarefas de investigação que se apresentam, segue-se o momento da discussão em turma e do registo das principais conclusões (síntese). Em algumas tarefas, faz-se uma breve apresentação powerpoint onde estão registadas as principais ideias desenvolvidas pelos alunos durante a realização da tarefa (apêndice C)

Após os alunos desenvolverem os conceitos propostos em cada uma das tarefas, é colocado um desafio que permite que os alunos aprofundem os seus conhecimentos e relacionem os conceitos abordados entre si (fase do ampliar do modelo dos cinco E's). Na primeira tarefa, os alunos pesquisam informação em diferentes fontes que lhes permita explicar em que medida a existência de vida na Terra depende da presença de alguns gases na atmosfera. Na tarefa 2, os alunos fazem uma pesquisa sobre o que é o efeito de estufa e as suas principais consequências para a vida na Terra. Este conceito irá ser abordado com maior profundidade na componente da Física do 10.º ano na unidade “Do Sol ao aquecimento”.

Na terceira tarefa, é proposto que os alunos elaborem uma notícia sobre as principais consequências para o Homem, quando este se encontra em locais com altitudes superiores a 4500 m. Na tarefa 4, é solicitado que os alunos prevejam e expliquem em turma, como varia a temperatura na superfície lunar, estabelecendo a relação com a aprendizagem que realizam sobre a atmosfera terrestre. Por fim, na tarefa 5, é apresentada uma banda desenhada sobre o fator de proteção solar (FPS), sendo pedido aos alunos que, depois de pesquisarem e selecionarem a informação necessária, discutam em turma o significado do FPS, e expliquem o que são protetores solares, como atuam e como se classificam. Em todas as tarefas, as questões são pertinentes, controversas e exploram a aplicação de questões sociocientífica ao quotidiano, enfatizando a abordagem CTSA pretendida. Por fim, os alunos refletem sobre as aprendizagens que realizam, as dificuldades que sentem e a forma como trabalham (fase da avaliação do modelo dos cinco E's). No Quadro 3.3, faz-se uma comparação entre as cinco tarefas propostas e os diferentes momentos definidos por Bybee (2006) no modelo dos cinco E's.

#### Quadro 3.3

*Identificação de cada fase do modelo dos cinco E's nas tarefas de investigação propostas.*

Tarefa	Fase Envolver
1	Visualização de um vídeo sobre a evolução da atmosfera
2	Leitura de uma notícia sobre a poluição atmosférica e de uma banda desenhada.
3	Visualização de uma imagem da Mafalda a colocar uma questão.
4	Leitura de um pequeno texto sobre dois mundos tão próximos mas tão distantes, a Terra e a Lua.
5	Leitura de uma notícia sobre o aumento do buraco de ozono em 2011 sobre o Ártico.

Tarefa	Fase Explorar
1	Formulação de questões. Pesquisa, seleção e organização de informação em diferentes fontes. Preparação de argumentos que defendam a posição do grupo na discussão da questão socio científica controversa: “Homem, responsável pela poluição atmosférica? Sim ou não?”
2	Identificação do problema referido na notícia e principais consequências. Organização de um plano de intervenção que ajude a resolver o problema identificado. Pesquisa, seleção e organização da informação recolhida.
3	Formulação de uma hipótese explicativa. Pesquisa, seleção e organização da informação recolhida para dar resposta à questão colocada pela Mafalda.
4	Delineação de um plano de ação que permita responder à questão apresentada no texto. Pesquisa, seleção e organização da informação recolhida.
5	Formulação de questões. Pesquisa, seleção e organização de informação em diferentes fontes que permita dar resposta às questões formuladas.

Tarefa	Fase Explicar
1	Registro dos argumentos a apresentar na discussão da questão controversa. Discussão, em turma da questão colocada. Síntese das principais conclusões a que os alunos chegaram.
2, 3, 4 e 5	Registos das respostas às questões colocadas. Apresentação e discussão em turma das respostas. Síntese das principais conclusões a que os alunos chegaram.

Tarefa	Fase Ampliar
1	Questão sobre a composição química da atmosfera e implicações na existência de vida na Terra.
2	Questão sobre o efeito de estufa e as suas principais consequências.
3	Elaboração de uma notícia sobre as principais consequências, para o Homem, quando se encontra a uma altitude superior a 4500 metros.
4	Questão sobre a variação da temperatura na superfície lunar.
5	Questão sobre o significado do fator de proteção solar, protetores solares, classificação e forma de atuação.

Fase Avaliar
Nas cinco tarefas são efetuadas questões para que os alunos reflitam sobre as aprendizagens realizadas, as principais dificuldades sentidas pelos alunos do trabalho desenvolvido em grupo.

### Role-play

A tarefa 6 é uma tarefa de *role-play* e é realizada pelos alunos no final da unidade didática pois estes já possuem o conhecimento substantivo necessário, que podem mobilizar, para discutirem os diferentes aspetos relacionados com o ozono estratosférico, como por exemplo o mecanismo de Chapman e o mecanismo de destruição do ozono pelos CFC. Os alunos também desenvolveram, ao longo das aulas, outras competências do domínio do raciocínio, da comunicação e das atitudes que podem mobilizar durante a realização do *role-play*.

A tarefa inicia-se com a apresentação dos objetivos e a explicação de como irá decorrer. É também referida a forma como os alunos vão trabalhar e são discutidos os critérios de avaliação. No momento seguinte, faz-se, em turma, a leitura de um texto, onde se apresenta uma questão sociocientífica controversa: “Será o desenvolvimento tecnológico e científico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?”. Os alunos são divididos em oito grupos de trabalho, os mesmos das tarefas de investigação. São atribuídos quatro papéis distintos pelos grupos de trabalho, pelo que dois grupos defendem a mesma posição na discussão. Duas das personagens, o ativista ambiental e o cientista defendem que a ciência e a tecnologia são as principais responsáveis pela destruição da camada de ozono

estratosférico. Já o diretor de um laboratório de controlo da qualidade do ar e o político defendem que o desenvolvimento tecnológico e científico contribui significativamente para a solução da destruição da camada de ozono. Os elementos do grupo sustentam o ponto de vista das personagens fictícias que se apresentam no Quadro 3.4.

Quadro 3.4

*Personagens participantes no role-play.*

Personagem	Argumentos
<b>Ativista ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A ciência e a tecnologia foram incapazes de prever e avaliar o efeito da utilização dos clorofluorcarbonetos (CFC) sendo, por isso, responsáveis pela diminuição da camada de ozono estratosférico que tem consequências graves para a vida na Terra.</li> <li>• A ação dos CFC foi impercetível, tendo sido necessário que a própria tecnologia desenvolvesse meios para medir e avaliar as consequências da utilização destes compostos no ozono estratosférico.</li> <li>• Compostos alternativos aos CFC foram desenvolvidos pela ciência. No entanto, estes podem agravar o problema pois não se conhece completamente os seus efeitos na atmosfera.</li> </ul>
<b>Cientista</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A ciência e a tecnologia foram incapazes de prever e avaliar os efeitos da utilização dos CFC na atmosfera pois a Terra e a sua atmosfera não funcionam como um laboratório.</li> <li>• A ação dos CFC foi impercetível, tendo sido necessário que a própria ciência e tecnologia compreendessem o mecanismo de atuação daqueles compostos e desenvolvessem meios para medir e avaliar as consequências da utilização dos CFC no ozono estratosférico.</li> <li>• O aumento do “buraco” do ozono traduz-se num conjunto de consequências para a vida na Terra que se vão sentir durante décadas por todos, poluidores e não poluidores.</li> </ul>
<b>Diretor de um laboratório internacional de investigação da qualidade do ar</b>	O desenvolvimento científico e tecnológico contribui para encontrar soluções que revertam a situação criada e minimizem os efeitos da diminuição da concentração do ozono estratosférico na vida na Terra.
<b>Político</b>	O desenvolvimento científico e tecnológico contribui para solucionar a diminuição da concentração do ozono estratosférico. No entanto, é necessário que existia um compromisso a nível social, cultural, político e económico para resolver o problema.

Após a pesquisa, a seleção de informação, o registo e a preparação da argumentação a utilizar pelos elementos de cada grupo no jogo de papéis, é dado início à realização do *role-play*, durante o qual são apresentados e discutidos os diferentes pontos de vista das personagens participantes na discussão. Depois de realização da

discussão é efetuada uma síntese final, sendo as principais conclusões apresentadas e registadas pelos alunos.

A tarefa que se apresenta (apêndice B) contempla as quatro fases definidas por Cherif e Somervill (1998, citados por Jarvis et al., 2002) que caracterizam uma tarefa de *role-play*: preparação e explicação da atividade pela professora, preparação do jogo de papéis pelos alunos, realização do *role-play* e discussão final após o *role-play*. Esta tarefa também apresenta as características de uma tarefa de discussão propostas por Dillon (1994): centra-se apenas numa questão e inicia-se com diferentes pontos de vista dos participantes. Durante a discussão, os alunos apresentam e defendem os argumentos que corroboram o ponto de vista da personagem que encarnam e analisam e contra-argumentam os pontos de vista das outras personagens. No entanto, no final da discussão, existe um consenso, apresentado na síntese final e resultado da colaboração de todos os alunos e que é assumido e partilhado por todos os participantes. Assim, esta tarefa promove a discussão entre os alunos e o desenvolvimento da linguagem científica, tendo os alunos que mobilizar várias competências em diferentes domínios como se mostra no Quadro 3.2 (página 45).

### **Avaliação dos alunos**

A avaliação é, de acordo com Santos (2002), “um elemento essencial no processo de ensino e de aprendizagem” (p. 1) e “um elemento integrante e regulador da prática educativa” (Despacho Normativo, n.º 30/2001, ponto 2). A autora refere que a regulação da aprendizagem consiste em qualquer ato intencional que ao atuar sobre os mecanismos da aprendizagem promove a progressão e/ou “redireccionamento” dessa aprendizagem. Assim, é essencial que os alunos tenham um papel ativo na regulação das suas aprendizagens que, de acordo com Santos (2002), pode passar por uma avaliação formativa, uma coavaliação entre pares ou a autoavaliação.

A avaliação formativa pode ocorrer em diferentes momentos da aprendizagem: no início (regulação proactiva), ao longo do processo de aprendizagem (regulação interativa) e após uma sequência de aprendizagens (regulação retroativa). A coavaliação entre pares é um processo externo e interno do aluno e considera que a interação entre pares e a comunicação são fundamentais para a construção do conhecimento. Santos (2002), citando Perrenoud (1999), refere que “ em situações de confronto, de troca, de interação, de decisão, que os forcem a explicar, a justificar, a argumentar, expor ideias, dar ou receber informações para

tomar decisões, planejar ou dividir o trabalho, obter recursos” (p. 2) os alunos reestruturam o seu conhecimento, regulam as suas aprendizagens e desenvolvem a responsabilidade e a autonomia. Por fim, a autoavaliação é o processo por excelência da regulação. Santos (2002) defende que cabe ao professor proporcionar uma série de contextos facilitadores que promovam a autoavaliação regulada dos alunos, tornando-os mais autónomos. Esta autora apresenta várias estratégias que o professor pode desenvolver para promover a autoavaliação dos alunos, nomeadamente a abordagem positiva do erro, o questionamento, a explicitação e negociação dos critérios de avaliação e o recurso a instrumentos alternativos de avaliação.

Já Roldão (2009) considera ser indispensável, ao conceber uma estratégia de ensino, prever momentos de avaliação para “aferir a validade e adequação da estratégia durante o seu desenvolvimento, quer em termos de processo quer em termos de resultados de aprendizagem intermédios e finais” (p. 64). No documento do Ministério da Educação, onde se apresenta o programa da disciplina de Física e Química A, é referido que o aluno deverá ser envolvido num conjunto de atividades diversificadas não só dentro da sala de aula e no laboratório, mas também em tempos “extralectivos” no sentido de potenciar um conjunto de aprendizagens específicas. A forma como os alunos realizam essas aprendizagens e as integram irá determinar o nível de aprendizagem conseguido. Assim, a avaliação deverá refletir o trabalho desenvolvido em aula, ser adequada à natureza das tarefas desenvolvidas e à “diversidade das aprendizagens que se pretendem promover” (Abrantes, 2000, p. 9). Deve ainda ser encarada numa “perspetiva integradora”, não devendo ser traduzida na “ideia redutora da classificação” (Martins et al., 2001, p. 11). A avaliação deverá ser predominantemente formativa para que os alunos consigam identificar o nível de competências já desenvolvido e reconhecem aqueles em que apresentam maiores dificuldades para assim, se adequarem estratégias de ensino, com o objetivo de melhorar as aprendizagens realizadas pelos alunos (Santos, 2002).

A avaliação deve contemplar o percurso e a evolução das aprendizagens dos alunos (Abrantes, 2000) e utilizar uma variedade de “técnicas e instrumentos variados adequados às tarefas” (Martins et al., 2001, p. 11). Estas indicações vão ao encontro do que Galvão et al. (2006) defendem como sendo o tipo de avaliação mais adequado ao currículo das ciências. Estes autores consideram que a avaliação deve incluir a avaliação de competências, nomeadamente “demonstração da compreensão das ideias principais da ciência, através de explicação por palavras próprias (...), formulação de questões baseadas em dados, e de respostas diversas a esses dados (...), demonstração do reconhecimento do papel da prova na resolução de problemas, por argumentação e contraste de diferentes descrições teóricas (...) e



utilização de linguagem científica” (p. 62). Já no despacho normativo n.º 1/2005 é referido, no ponto dois do enquadramento da avaliação, que uma das finalidades da avaliação é a regulação da prática educativa, “permitindo uma recolha sistemática de informações, que uma vez analisadas, apoiam a tomada de decisões adequadas à promoção da qualidade das aprendizagens” (p. 71), o que também vai ao encontro do que é enfatizado no programa da disciplina de Física e Química A.

Relativamente aos instrumentos de avaliação usados na intervenção (Apêndice E), estes pretendem avaliar as competências desenvolvidas pelos alunos durante realização das tarefas. Os instrumentos de avaliação utilizados nas diferentes tarefas foram apresentados aos alunos antes do início da tarefa e com eles discutidos. Em cada caso, foi selecionado o que se pretendia avaliar e como se pretendia avaliar, tendo sido realizado um esforço por diversificar o mais possível os critérios de avaliação apresentados.

### Síntese

Neste capítulo apresentou-se a proposta didática desenvolvida com os alunos do 10.º ano de escolaridade para o ensino da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”. Esta proposta foi elaborada tendo como base as finalidades, estratégias de ensino e avaliação preconizadas no programa da disciplina de Física e Química A do 10.º ano de escolaridade. De acordo com as orientações presentes neste documento, optou-se por implementar tarefas que promoveram uma abordagem CTSA e que permitiram aos alunos desenvolver um conjunto de competências de diferentes tipos: competências do tipo concetual, processual e do tipo social, atitudinal e axiológico.

Foram propostas cinco tarefas de investigação que seguiram o modelo dos cinco E’s e uma tarefa de *role-play*. Durante a realização das tarefas, os alunos através do trabalho colaborativo, pesquisaram e selecionaram informação, planificaram formas de resolver um problema concreto, tiraram conclusões, apresentaram e discutiram ideias e refletiram sobre o trabalho desenvolvido. As aulas foram planificadas tendo em conta os modelos propostos na literatura e a avaliação dos alunos foi realizada privilegiando a avaliação formativa.



# CAPÍTULO 4

---

## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Este trabalho tem como finalidade conhecer de que forma as tarefas de investigação com uma abordagem CTSA promovem o desenvolvimento de competências nos alunos do 10.º ano de escolaridade, tendo-se utilizado uma metodologia de investigação qualitativa. Os dados foram recolhidos e analisados com o objetivo de identificar as principais dificuldades sentidas pelos alunos durante o desenvolvimento das tarefas, as aprendizagens que realizaram, as estratégias que utilizaram para aprenderem e que avaliação fizeram das tarefas realizadas. O capítulo está organizado em quatro secções. Na primeira, justifica-se o método de investigação utilizado. Na segunda, caracterizam-se os participantes: a escola onde se realizou o estudo e o grupo de alunos que colaborou neste trabalho. Na secção seguinte descrevem-se os instrumentos de recolha de dados utilizados e, por fim, apresenta-se o método de análise de dados utilizado e o quadro com as categorias de análise que emergiram dos dados recolhidos.

### **Método de investigação**

A investigação qualitativa é aquela em que os investigadores utilizam a sua apreciação crítica em vez de instrumentos de medida quantitativos para identificar e descrever as variáveis existentes e as suas relações (Tuckman, 2005). Esta metodologia de investigação aplica-se, de acordo com Wilson (1977, citado por Tuckman, 2005), considerando que os acontecimentos são estudados em situações naturais e que o investigador não pode compreender os acontecimentos que investiga sem entender primeiro, qual o significado e a interpretação que os mesmos têm para os participantes.

A investigação qualitativa apresenta, segundo Bogdan e Biklen (1992, citado por Tuckman, 2005), cinco características principais: (i) o investigador é o principal agente da recolha de dados e estes referem-se a uma situação naturalista (a fonte de dados é o ambiente natural); (ii) o investigador descreve primeiro os dados e só depois os analisa;

(iii) há um envolvimento do investigador no processo de investigação; (iv) a análise dos dados privilegia métodos indutivos e (v) a investigação centra-se principalmente no “*que*” aconteceu e no “*porquê*” dos acontecimentos.

Ainda de acordo com Tuckman (2005), na investigação qualitativa, os observadores registam o que os participantes dizem e fazem, ou seja, registam a perspectiva dos participantes relativamente a um acontecimento. Assim, o investigador está a tentar compreender (interpretar) o significado que os participantes atribuem aos acontecimentos em estudo. É necessário, por isso, que os investigadores sigam algumas regras quando realizam este tipo de investigação:

evitar começar as observações com pressupostos *a priori* sobre os fenómenos a estudar; não tentar reduzir uma situação de grande complexidade a poucas variáveis; não permitir que os métodos utilizados na recolha dos dados influenciem ou alterem o que se está a tentar estudar; considerar explicações alternativas para o que observa.

A investigação tem, de acordo com Miles e Huberman (1994), vindo a ganhar importância na investigação em Educação e envolve a recolha e análise de dados de natureza essencialmente qualitativa. Neste estudo, as questões orientadoras sugerem um estudo de natureza preferencialmente descritiva e interpretativa pelo que se optou pela utilização de uma investigação qualitativa. A análise dos dados recolhidos é realizada tendo em conta a perspectiva dos alunos, tal como descreve Tuckman (2005) e a recolha de dados foi realizada em sala de aula (ambiente natural).

A investigação qualitativa é utilizada para compreender os fenómenos em estudo (Strauss & Corbin, 1990, citados por Ramos, 2005). Ramos (2005) acrescenta, citando Denzin e Lincoln (2000), que a investigação qualitativa não pervigília uma metodologia única, tendo subjacente uma visão multimétodo. Esta permite ao investigador utilizar, no estudo de um mesmo fenómeno, diferentes métodos em combinações variadas. O mesmo autor refere que “o recurso a um conjunto de métodos diversificados e inter-relacionados possibilita a triangulação que permite uma mais ampla e mais profunda compreensão do fenómeno em questão” (p. 112). Patton (2001, citado por Fernandes, 2006) refere que a triangulação é um estudo que resulta da combinação de vários métodos ou dados, incluindo tanto o uso de uma abordagem qualitativa quanto quantitativa. Também Duarte (2009) considera que o termo triangulação resulta não só

da combinação de vários métodos qualitativos entre si, mas também da articulação de métodos qualitativos e quantitativos (Flick, 2005).

O termo triangulação terá tido origem em 1959 com Campbell e Fiske. Em 1966, Webb, Campbell, Schwartz e Sechrest utilizaram a triangulação metodológica, defendendo que o uso de diferentes métodos anularia as incongruências dos dados recolhidos e permitiria a convergência dos resultados. Mas foi Denzin, no início da década de 70, que tornou comum a utilização do método da triangulação em investigação qualitativa (Seale, 1999 citado por Ramos, 2005). Duarte (2009) esclarece que Denzin, em 1989, amplia o conceito de triangulação apresentando quatro tipos de triangulação distintos:

Denzin refere quatro tipos de triangulação: a *triangulação de dados* preconiza o uso de diversas fontes de dados de modo a obter uma descrição mais rica e completa dos fenómenos; a *triangulação de investigadores* sugere que a participação de diferentes investigadores no mesmo estudo permite obter múltiplas observações no campo e também discussões de pontos de vista, o que contribui para reduzir possíveis enviesamentos; a *triangulação de teoria* refere-se à possibilidade de o investigador recorrer a múltiplas teorias para interpretar um conjunto de dados e a *triangulação metodológica*, a mais estudada e aplicada, envolve a combinação de múltiplos métodos, geralmente observação e entrevista, de modo a compreender melhor os diferentes aspetos de uma realidade e a evitar os enviesamentos de uma metodologia única.

A utilização dos diferentes métodos de triangulação é, defendida por muitos autores, como um processo que garante a validade dos resultados.

No caso do presente trabalho recorre-se a diferentes instrumentos de recolha de dados para analisar os dados, o que facilita o processo de triangulação, sendo possível fazer a comparação e cruzamento de informação com o objetivo de validar as respostas e conclusões.

## **Participantes**

A escola está localizada no concelho de Sintra e os alunos que a frequentam, de uma forma geral, pertencem à classe média. A população escolar é constituída por alunos provenientes de vários países do PALOP, do Brasil, dos países da Europa de Leste e da China. Esta situação torna necessário que a escola desenvolva estruturas de

apoio não só a nível da Língua Portuguesa, mas também ao nível das outras disciplinas. No entanto, e apesar desta diversidade, a procura escolar dos alunos que frequentam esta escola centra-se em cursos que permitem a progressão de estudos para o ensino superior. Quanto as instalações, a escola é constituída por vários pavilhões onde funcionam as aulas e por um onde se centram os serviços. A escola está equipada com um laboratório de física e outro de química, possuindo ainda várias salas de apoio aos laboratórios onde se guarda o material e reagentes.

O nível de escolaridade dos pais dos alunos que estudam nesta escola é médio (frequência ou conclusão do ensino secundário) e o quadro docente da escola estável, garantindo, assim, a continuidade pedagógica e o desenvolvimento de projetos que necessitam de maior tempo de implementação. O grupo de alunos participantes neste estudo frequenta o 10.º ano de escolaridade. A turma é constituída por 16 raparigas (53 %) e 14 rapazes (47 %), sendo a média de idades de cerca 15 anos. Dos alunos que constituem a turma, 43 % estão a frequentar pela primeira vez esta escola e 20 % (seis alunos) estão a repetir a frequência no 10.º ano de escolaridade. Os alunos apresentam um comportamento classificado de satisfatório pelos professores, sendo, na sua grande maioria, pontuais e assíduos.

A turma apresenta uma grande assimetria no que respeita à participação, ao ritmo de trabalho e às dificuldades manifestadas pelos alunos. Trata-se de uma turma que tem conjunto de alunos com objetivos bem definidos, interessados e empenhados na sua aprendizagem e no seu sucesso e que querem progredir estudos no ensino superior. No entanto, a turma é também constituída por outro grupo de alunos que aparenta estar desmotivado, não tendo objetivos. Relativamente aos Encarregados de Educação dos alunos que constituem a turma, uma grande parte tem formação superior (40%) ou o ensino secundário (38%) e interessam-se pela vida escolar dos filhos, vindo à escola sempre que solicitados pela diretora de turma.

### **Recolha de dados**

Na investigação os dados podem ser recolhidos através de entrevistas, documentos escritos (por exemplo, atas, relatos de jornais e biografias) e observação (Tuckman,2005). No presente trabalho, os dados foram recolhidos através de documentos escritos (registos escritos com as respostas às tarefas e questionários

realizados após cada tarefa) a entrevista em grupo focado e as observações com as notas de campo da professora e os registros áudio das aulas.

## **Entrevista**

A entrevista, de acordo com Afonso (2005) e Burton e Bartlett (2005), constitui uma das técnicas de recolha de dados mais utilizada em investigação naturalista. A entrevista é uma interação verbal entre o entrevistador e o entrevistado. Para Tuckman (2005) a entrevista constitui “um processo direto de obter informação sobre um dado fenómeno”. Consiste em elaborar questões a diferentes pessoas que estejam envolvidas no caso em estudo. As respostas dadas vão refletir as “perceções e interesses” dos entrevistados. Para este autor, a vivência específica de cada um dos entrevistados pode traduzir-se “num quadro razoavelmente representativo da ocorrência ou ausência de um determinado fenómeno e, desse modo, proporcionar-nos uma base para a interpretação do mesmo” (p. 690).

De acordo com Afonso (2005), distinguem-se três tipos de entrevista: a estruturada, a não-estruturada e a semiestruturada. Nas entrevistas estruturadas o entrevistado responde a um conjunto de questões preestabelecidas que constituem o guião que deve ser seguido sem desvios, estando as questões condicionadas a um conjunto de categorias de resposta, ou seja, são registadas de acordo com um código inicialmente conhecido. Nas entrevistas não estruturadas, não existe um conjunto de perguntas específicas nem respostas codificadas. As questões são elaboradas em torno de grandes temas ou questões organizadoras, podendo abranger um vasto conjunto de temas ou desenvolver-se no sentido de pormenorizar um problema específico. As questões são de uma forma geral abertas, podendo ser fechadas só no caso de ser necessário clarificar um detalhe de uma resposta. O objetivo deste tipo de entrevista é “compreender o comportamento complexo e os significados construídos pelos sujeitos” (Afonso, 2005, p. 98).

A entrevista semiestruturada tem um formato intermédio entre a estruturada e não estruturada. A entrevista deve ter um guião em torno do qual é organizada tendo em conta as questões de investigação. São propostos diferentes objetivos aos quais corresponde um número de questões que devem ser seguidas e que poderão ser abertas ou fechadas. No entanto, o entrevistador pode introduzir novas questões ou reformular

as existentes no sentido de tornar mais clara as respostas do entrevistado. Posteriormente pode retomar o guião inicialmente proposto.

A entrevista pode ser realizada a um único entrevistado ou pode ser efetuada, pelo mesmo entrevistador a um grupo de várias pessoas em simultâneo. Para Patton (2002) a entrevista em grupo focado é realizada a um pequeno grupo de pessoas, entre seis e 10, sobre um tema específico. Os entrevistados devem constituir um grupo homogéneo e do mesmo contexto social. Os entrevistados podem concordar uns com os outros mas também podem discordar, não chegando a qualquer consenso Patton (2002). Uma das características deste tipo de entrevista consiste no facto de os entrevistados ao ouvirem as respostas uns dos outros poderem fazer comentários adicionais às suas respostas originais, melhorando assim, a qualidade dos dados recolhidos.

De uma forma geral, os dados recolhidos através de uma entrevista em grupo focado são mais específicos e significativos do que aqueles recolhidos numa entrevista individual. Segundo Patton (2002), a importância destas entrevistas reside no facto de serem focadas, normalmente no sentido de conhecer a reação ou a opinião dos entrevistados a um produto, programa ou uma experiência partilhada. Assim, o principal objetivo deste tipo de entrevista é “recolher informação sobre experiências e vivências partilhadas em contextos específicos” (Afonso, 2005, p. 100). Burton e Bartlett (2005) consideram que o entrevistador deve possuir um número de características: deve saber ouvir, ter uma postura corporal correta e criar contato visual que promova empatia com o entrevistado. Deve ainda estabelecer uma relação de confiança com o entrevistado e criar um ambiente confortável e informal. No entanto, numa entrevista em grupo focado, ao entrevistador é atribuído um outro papel: o de moderador, facto que é considerado por Afonso (2005) uma dificuldade acrescida. Um cuidado que se deve ter quando se realiza uma entrevista em grupo focada é na escolha dos entrevistados. Para Krueger (1994, citado por Patton, 2002), o grupo deve ser cuidadosamente pensado para obter informação relevante numa determinada área de interesse, num ambiente confortável e agradável.

A entrevista em grupo focado apresenta várias vantagens (Patton, 2002): permite recolher um maior número de dados, aumentando o tamanho da amostra; a interação entre os participantes aumenta a qualidade dos dados recolhidos e, de uma forma geral, o ambiente que se cria entre os participantes é agradável. No entanto, também tem algumas limitações como, por exemplo, o número de questões ser restrito e a



colaboração de cada interveniente ter que ser moderada para que todos consigam participar. Por outro lado, não é possível garantir a confidencialidade das respostas nem a participação de entrevistados cujas opiniões estejam em minoria pois podem sentir-se intimidados. É difícil evitar que ocorra a sobreposições de respostas o que dificulta a transcrição da entrevista. Estas entrevistas ocorrem, por vezes em ambientes que não são os naturais, o que também pode ser considerado outra limitação.

No âmbito deste trabalho, realizam-se quatro entrevistas em grupo focado. Os elementos da turma são divididos em quatro grupos, com um número variável de alunos e de acordo com os turnos e os grupos de trabalho que se constituem para a realização das tarefas. Assim, o grupo 1 tem sete alunos, os grupos 2 e 4 seis alunos e o grupo 3 tem oito elementos. Os alunos são identificados com uma numeração de 1 ao máximo de 8 (A1 a A8). Cada entrevista tem a duração aproximadamente de 20 minutos e são realizadas na escola, mas numa sala diferente da sala de aula. O guião da entrevista apresenta-se no Apêndice E

### **Documentos escritos**

Os documentos escritos são também utilizados para a recolha de dados necessários a uma investigação qualitativa. A definição de documento escrito não é consensual. Houaiss (2008, citado por Silva, Almeida & Guindani, 2009) considera que o documento é “uma declaração escrita, oficialmente reconhecida, que serve de prova de um acontecimento” (p. 6). Já Philips (1974, citado por Silva et al., 2009) apresenta o documento escrito como um material escrito que pode ser utilizado como “fonte de informação sobre o comportamento humano” (p. 6).

Existem vários documentos escritos que os participantes ou observadores de um dado fenómeno ou acontecimento podem elaborar e que o investigador qualitativo pode analisar para obter informação relevante para o estudo que está a realizar (Tuckman, 2005). Este autor dá como exemplo de documentos escritos as atas de encontros e os relatórios. Já Oliveira (2007, citado por Silva et al., 2009) considera exemplos de documentos, entre outros, as reportagens de jornais, revista, cartas e fotografias. Os documentos, de acordo com Bogdan e Biklen (1992) podem classificar-se em documentos oficiais como os documentos internos de uma organização, por exemplo a escola e documentos pessoais onde se incluem os diários ou as cartas.

Os documentos escritos constituem uma fonte de informação rica, mantêm-se ao longo do tempo e podem ser consultados em qualquer momento e as vezes que forem necessárias (Bogdan & Biklen, 1992), podendo servir de base a diferentes estudos. No entanto, os investigadores não devem tirar qualquer conclusão sem primeiro validar os dados recolhidos nos documentos escritos com outros, obtidos em diferentes fontes.

No presente trabalho, utilizam-se documentos escritos pessoais como a produção escrita dos alunos em cada tarefa e as reflexões escritas realizadas pelos alunos no final de cada tarefa. Recorre-se também a documentos escritos oficiais como o registo biográfico dos alunos, utilizados para caracterizar os alunos participantes neste trabalho.

## **Observação**

A observação é outro método de recolha de dados a que se recorre na investigação naturalista. Patton (2002) refere que durante a observação, o investigador aproxima-se dos participantes e, através dos sentimentos daqueles sobre um dado acontecimento, tenta compreender o fenómeno que está a investigar. Patton (1990, citado por Cohen, Manion & Morisson, 2005) afirma que a observação permite que o investigador recolha dados reais em situações reais. É possível observar *in situ* e diretamente um determinado fenómeno. A observação é, assim, um importante meio para conseguir compreender o mundo (Burton & Bartlett, 2005). Já para Tuckman (2005) o objetivo da observação é o acontecimento ou fenómeno em ação.

Cohen et al. (2005) consideram que a observação e, consequentemente as situações observadas, apresentam um maior grau de imprevisibilidade possibilitando ao investigador, quando comparado com outros métodos, a recolha dados relativos a ambientes físicos e sua organização, a aspetos humano-organizacionais dentro das organizações, aspetos interrelacionais relativos às interações formais, não-formais, verbais ou não verbais entre os participantes e, ainda, aspetos de ordem organizacional como por exemplo estratégias pedagógicas, recursos ou currículo.

As observações podem classificar-se de acordo com Flick (2005) em cinco dimensões: (i) observação aberta ou observação encoberta (se os participantes têm ou não conhecimento de que estão a ser observados); (ii) observação participante ou observação não participante. Na observação participante o investigador envolve-se

ativamente, tornando-se parte do acontecimento que está a observar. No caso da observação não participante, o investigador não interage nem afeta, de forma deliberada, o fenómeno em estudo. Para Gold (1958, citado por Flick, 2005) o papel do observador enquanto participante pode assumir várias formas: participante total, participante observador, observador participante e mero observador; (iii) observação sistemática ou observação assistemática. Na primeira, a observação obedece a um esquema mais ou menos padronizado. No segundo caso, a observação é mais flexível e vai-se adaptando à medida que decorre a observação; (iv) observação de situações naturais ou de situações artificiais. A observação natural ocorre no ambiente natural. Numa observação artificial, o acontecimento desloca-se para outro ambiente. (v) auto-observação ou observação de outros.

As observações podem classificar-se de acordo com Burton e Bartlett (2005) quanto à formalidade e visibilidade do observador. Para estes autores, as observações podem ser formais e abertas se forem efetuadas de forma visível, através do contacto direto entre os participantes e o investigador/observador. No caso de a observação ser realizada, por exemplo por câmaras de vigilância ou se o observador estiver “escondido” de alguma forma, aquela é classificada como formal e invisível. Ainda para aqueles autores, quanto mais formal for a observação mais detalhes de investigação são estudados e maior a quantidade de dados recolhidos que têm de ser analisados e estudados. Se a observação for realizada informalmente, as grelhas de observação não têm tanta informação e, no limite, o observador pode fazer apenas notas mentais que mais tarde regista.

As observações podem também ser classificadas de acordo com o seu grau de estruturação: observação estruturada, semiestruturada e não estruturada (Cohen et al., 2005). De acordo com estes autores, uma observação estruturada caracteriza-se por se conhecer com antecedência o fenómeno que se vai observar, estando as diferentes categorias de observação previamente estabelecidas de acordo com o objetivo da investigação. É uma observação sistemática que tem como fim confirmar ou refutar uma hipótese inicialmente estabelecida e permite ao observador obter um conjunto de dados quantitativos, que facilitam o tratamento estatístico e a comparação com outras situações observadas através do registo de dados quantificáveis. Assim, o observador regista o número de incidências de um dado fenómeno numa grelha de observação previamente preparada com diferentes entradas e que está de acordo com o seu objeto

de investigação e com as categorias previamente estabelecidas. Estas devem ser discretas, claras e não sobreponíveis.

O observador, quando realiza uma observação estruturada, adota uma atitude passiva e não interventiva. Numa observação semiestruturada, o investigador tem uma lista que fenómenos que quer observar mas os dados recolhidos são obtidos de forma menos pré-determinada e menos sistemática, isto é, o observador tem uma lista de categorias de observação mas pode adequar as mesmas se considerar necessário. Na observação não estruturada, o observador não determina previamente o objetivo da observação, pelo que vai observar tudo e, só depois, decide a importância que cada fenómeno terá para a sua investigação (Cohen et. al, 2005). Ainda de acordo com estes autores, as observações semiestruturadas e não estruturadas utilizam-se, ao contrário das observações estruturadas, para formular hipóteses e não para as testar.

As observações podem ser registadas através de notas de campo, registos vídeo e registos áudio. Para Bogdan e Biklen (1992) as notas de campo são os registos escritos das observações realizadas, nas quais o investigador descreve o que observou (viu e ouviu) da forma mais objetiva possível: acontecimentos, pessoas, ações, excertos de diálogos, etc. Este tipo de registo corresponde à dimensão descritiva das notas de campo. A dimensão reflexiva das notas de campo é mais subjetiva e traduz a sensibilidade do observador relativamente à observação que realizou. Esta dimensão inclui comentários do observador relativamente a método utilizado e à análise efetuada, aos possíveis conflitos e dilemas éticos que tenha sentido durante a realização da observação. Também os pontos de vista do observador e o esclarecimento de algumas questões que possam estar mais confusas devem, de acordo com aqueles autores, fazer parte da dimensão reflexiva das notas de campo.

Assim, as notas de campo, e de uma forma mais geral, as observações são um método importante a ter na recolha de dados na investigação qualitativa. No entanto, este instrumento de recolha de dados apresenta uma limitação: o observador pode influenciar aqueles que estão a ser observados, podendo esta situação conduzir a um comportamento, dos participantes, diferente do habitual. Assim, é vantajoso fazer observações frequentes e discretas para que se reduza ao máximo a influência da presença do observador (Tuckman, 2005). Por outro lado, o registo das observações como notas de campo traduz a subjetividade do investigador (Bogdan & Biklen 1992),

pelo que é vantajoso a utilização de outros métodos complementares de recolha de dados (Cohen et. al, 2005).

No presente trabalho realizam-se registos áudio das aulas, sendo gravados dois grupos de trabalho em cada aula. Os grupos gravados são numerados de 1 a 16. A professora faz o registo das notas de campo após o término de cada aula. As notas de campo resultam da reflexão realizada pela professora das reações e comentários dos alunos às tarefas realizadas, incidindo essas reflexões sobre as dificuldades que os alunos sentem, as aprendizagens que realizam durante o desenvolvimento das tarefas e as estratégias utilizadas para aprenderem e superarem as dificuldades.

### **Análise de dados**

Os dados recolhidos numa investigação qualitativa referem-se, como já foi referido, a acontecimentos e fenómenos naturais. Estes dados são importantes para compreender o significado que os participantes atribuem a determinadas situações e/ou processos. É necessário, após a recolha de dados, analisar e identificar aqueles que são significativos para clarificar e compreender o problema e/ou acontecimento que está a ser investigado (Stringer, 2007). Os resultados em bruto são analisados e trabalhados para se tornarem significativos e válidos (Bardin, 1977), pelo que esta análise é sempre resultado de uma reflexão e interpretação do investigador. Um dos principais processos da análise de conteúdos é, para Stringer (2007), a codificação e categorização dos dados recolhidos (processo de separação de dados).

A codificação é o processo pelo qual os dados em bruto são transformados de forma sistemática e associados em unidades (Holsit, 1969, citado por Bardin, 1977). Estas permitem uma descrição exata das características pertinentes do conteúdo. Assim, a codificação traduz-se numa transformação, realizada de acordo com regras precisas, onde os dados recolhidos se transformam, por agregação e enumeração, numa representação do conteúdo (Bardin, 1977). Ainda, para esta autora, a codificação, no caso de uma análise quantitativa e categorial, compreende três escolhas: o recorte (escolha das unidades), a enumeração (escolha das regras de contagem) e a classificação e agregação (escolha das categorias).

A autora refere também que, quando se codificam os dados recolhidos deve produzir-se um sistema de categorias. A categorização não é uma etapa obrigatória para

concretizar a análise de conteúdo, embora, a maioria dos procedimentos e análise de conteúdos se organize em torno da categorização (Bardin, 1977). Esta corresponde a “uma operação de classificação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com critérios previamente definidos” (Bardin, 1977, p. 145). Para esta autora as categorias são classes que se reúnem em torno de um grupo de elementos com uma designação genérica. Este agrupamento tem em consideração as características comuns desses elementos, sendo a categorização um processo que tem duas etapas: o inventário (isolar os elementos) e a classificação (organizar os dados). Como já foi referido, a análise de dados e, portanto, a codificação e categorização resultam de uma análise que é um ato de interpretação. Este processo requiere, segundo Stringer (2007), alguma prática para identificar as diferentes categorias. Assim, o processo de codificação e categorização envolve uma sequência de procedimentos: rever os dados recolhidos, proceder ao seu agrupamento, realizar a codificação e categorização dos dados, identificar as categorias, organizar o sistema de categorias e por fim realizar um relatório.

Neste trabalho, as categorias emergem da análise dos dados recolhidos de forma a dar resposta às questões orientadoras. Relativamente às dificuldades que os alunos sentem na realização das tarefas que promovem uma abordagem CTSA, estas são categorizadas de acordo com as competências apresentadas no programa de Física e Química A do 10.º ano de escolaridade, publicado pelo Departamento do Ensino Secundário do Ministério da Educação. Apresentam-se, assim três categorias de análise: competências do tipo concetual, competências do tipo processual e competências do tipo social, atitudinal e axiológico. Quanto às aprendizagens, os dados recolhidos foram organizados de acordo com o tipo de competências desenvolvidas pelos alunos. Assim, opta-se por categorizar os dados, recorrendo às mesmas categorias que se utilizaram para analisar as dificuldades que os alunos sentem: competências do tipo concetual, competências do tipo processual e competências do tipo social, atitudinal e axiológico. Há, no entanto, necessidade de criar mais uma categoria, estratégias, na qual se analisam os dados referentes ao modo como os alunos aprendem. Quanto à terceira questão orientadora, avaliação dos alunos às tarefas que realizam, surgem duas categorias de análise: importância das relações CTSA e gosto e interesse. No Quadro 4.1 apresentam-se as categorias e subcategorias de análise.

Quadro 4.1

*Categorias e subcategorias de análise para as questões em estudo.*

Questão em estudo	Recolha de dados	Categorias	Subcategorias
Dificuldades sentidas pelos alunos na realização das tarefas que promovem uma abordagem CTSA.	Documentos escritos pelos alunos	Competências de tipo concetual	Interpretar questões
			Utilizar linguagem científica
	Entrevista em grupo focado	Competências do tipo processual	Selecionar informação
			Resumir informação
	Registo áudio das aulas		Delinear um plano de ação
	Notas de campo da professora	Competências do tipo social, atitudinal e axiológico	Trabalhar em grupo
			Gerir o tempo
			Refletir sobre o trabalho realizado
Aprendizagens realizadas pelos alunos quando desenvolvem tarefas que promovem uma abordagem CTSA e estratégias utilizadas para aprenderem.	Documentos escritos pelos alunos	Competências de tipo concetual	Utilizar linguagem científica
		Competências do tipo processual	Selecionar e resumir informação
	Argumentar		
	Registo áudio das aulas		Competências do tipo social, atitudinal e axiológico
	Notas de campo da professora	-----	
	Estratégias	-----	
Avaliação das tarefas realizadas	Documentos escritos pelos alunos	Importância das relações CTSA	-----
	Entrevista em grupo focado	Gosto e interesse	-----

## **Síntese**

Neste capítulo descrevem-se os métodos e instrumentos de recolha de dados utilizados na realização deste trabalho. Neste estudo participaram 30 alunos do 10.º ano de escolaridade com idades compreendidas entre 15 e 17 que frequentam uma escola do concelho de Sintra. Os dados são recolhidos recorrendo a diferentes instrumentos de recolha de dados: registo escrito dos alunos, entrevista em grupo focado, registo áudio das aulas e notas de campo da professora. Os dados são analisados, sendo possível compará-los e categorizá-los, resultando na validação das respostas que vão ao encontro das questões orientadoras deste trabalho.



# CAPÍTULO 5

---

## RESULTADOS

Neste capítulo analisam-se e apresentam-se os resultados obtidos no trabalho efetuado com o grupo de alunos do 10.º ano de escolaridade participante. O presente capítulo está organizado em três secções, correspondendo cada uma delas a uma questão orientadora. Na primeira secção apresentam-se os resultados relativos às dificuldades sentidas pelos alunos durante a realização das tarefas. Na segunda, analisam-se os resultados das aprendizagens dos alunos ao desenvolverem as tarefas que promovem uma abordagem CTSA e as estratégias que utilizaram para aprenderem. Por fim, na última secção, os resultados analisados refletem a avaliação que os alunos fizeram das tarefas propostas.

Os dados analisados foram recolhidos a partir dos documentos escritos dos alunos, das entrevistas em grupo focado, das notas de campo da professora e dos registos áudio das aulas.

### **Dificuldades dos alunos na realização das tarefas que promovem uma abordagem CTSA**

Dos dados analisados foram identificadas três categorias de análise: competências do tipo concetual, competências do tipo processual e competências do tipo social, atitudinal e axiológico. Descrevem-se de seguida os resultados obtidos para cada uma destas categorias.

#### **Competências do tipo concetual**

Nesta categoria os resultados encontram-se organizados em duas subcategorias, de acordo com o que foi apresentado no Quadro 4.1: interpretar questões e utilizar linguagem científica.

## Interpretar questões

Uma das principais dificuldades que os alunos sentiram durante a realização das tarefas foi na interpretação das questões propostas. No entanto, esta dificuldade foi apenas referida na reflexão que fizeram de algumas das tarefas, como se mostra nos dois excertos que se seguem:

14. Na tarefa 2, na interpretação da pergunta 6.

(Documentos escritos, tarefa 2)

10. Tive dificuldade em interpretar os enunciados das perguntas.

(Documentos escritos, tarefa 4)

Os alunos, nas reflexões efetuadas após a realização de algumas tarefas, responderam de forma clara ter sentido dificuldade em interpretar o enunciado das questões. Em alguns casos, essa dificuldade foi sentida, numa questão particular da tarefa, como foi referido no primeiro excerto em que o aluno indica explicitamente a questão 6 da tarefa 2: “Ajudem o João a resolver o problema com que se deparou na notícia”. Noutras situações, os alunos referiram ter tido “dificuldade em interpretar os enunciados”, expressão que traduz a dificuldade em interpretar a generalidade das questões da tarefa, facto possivelmente relacionado com a complexidade dos conceitos desenvolvidos nessa tarefa.

A professora, nas suas notas de campo, referentes à tarefa 2 mencionou que “os alunos tiveram dificuldade em interpretar a questão 6, tendo sido abordada por vários grupos no sentido de esclarecer o que era pedido”. Este excerto confirma o que os alunos escreveram na reflexão que fizeram depois de terem realizado a referida tarefa. Também em alguns registos áudio das aulas se pode confirmar esta dificuldade, como é exemplo a passagem que se segue:

A1 – Professora, eu não estou a perceber o que é para fazer. Nós já descobrimos qual é o problema. Esta pergunta [questão 6] é estranha...

P – Qual é o problema do João? Está relacionado com isto [banda desenha].

A2 – Mas o problema é o mesmo [poluição atmosférica]...

P – Será? Analisem bem a banda desenhada e identifiquem qual o problema do João.

(Registo áudio, grupo 6)

Este registo áudio foi realizado durante o desenvolvimento da tarefa 2 e, no excerto apresentado, o aluno referiu claramente não ter compreendido o que era pedido na questão 6 da tarefa. Os alunos não conseguiram interpretar a questão pois, de acordo com eles, o grupo já tinha respondido ao que era solicitado na questão 6, quando realizou a questão 3 em que se solicitava aos alunos para delinearem um plano de ação que ajudasse o João (personagem da banda desenhada) a resolver o problema da poluição atmosférica. Assim, tendo na sua opinião, respondido à questão 3, a questão 6 era “estranha”. Também nas entrevistas em grupo focado, quando os alunos foram questionados sobre as dificuldades que sentiram na realização das tarefas referiram:

A2 – Tivemos dificuldade em interpretar as questões...

(Entrevista, grupo 1)

A5 – Perceber o que a professora queria com as perguntas.

(Entrevista, grupo 3)

O aluno ao mencionar a dificuldade em “perceber o que a professora queria”, referiu de forma clara não ter compreendido o que se pretendia com cada questão, manifestando, desta forma, a dificuldade que sentiu na interpretação das questões.

### **Utilizar linguagem científica**

Uma das principais dificuldades referidas pelos alunos na realização das tarefas foi a compreensão de alguns conceitos científicos e a utilização de linguagem científica. Os alunos manifestaram, nas reflexões sobre o trabalho desenvolvido, que foi nas tarefas 3, 4 e 5, que sentiram mais dificuldade em compreender a linguagem científica. Apresentam-se dois excertos com alguns conceitos científicos que os alunos referiram ter tido dificuldade em compreender:

8. Sentimos dificuldades na compreensão do efeito térmico e efeito químico.

(Documento escrito, tarefa 3)

11. Senti dificuldades em perceber o mecanismo que conduz à destruição do ozono estratosférico.

(Documento escrito, tarefa 5)

Alguns alunos admitiram, na reflexão que realizaram das tarefas, ter tido dificuldade em compreender alguns conceitos científicos. Quando disseram ter sentido dificuldade “na compreensão do efeito térmico e efeito químico” e em “perceber o mecanismo...” estavam a fazer referência ao vocabulário específico da disciplina. Esta dificuldade foi transversal a outras tarefas onde foram desenvolvidos conceitos científicos mais complexos, como por exemplo, os termos ionização e dissociação. Um outro aspeto relacionado com a linguagem científica e em que os alunos também admitiram ter sentido dificuldade foi em relacionar os diferentes termos científicos entre si, como se pode verificar pelo excerto da reflexão de um aluno à tarefa 4:

12. Sentimos mais dificuldade em relacionar os termos estudados uns com os outros.

(Documento escrito, tarefa 2)

Assim, a dificuldade em compreender os termos científicos parece ter-se refletido na dificuldade que os alunos referiram ter sentido em estabelecer relações entre os diferentes conceitos e que mencionaram como “relacionarmos os termos estudados uns com os outros”. Esta dificuldade torna-se mais evidente nas tarefas 3 e 4, onde foram trabalhados conceitos mais abstratos.

De outra forma as radiações solares ao entrarem na atmosfera colidem com as partículas já existentes transferindo-lhes energia que transporta. Desta forma a temperatura tende a aumentar devido aos choques entre partículas.

(Documento escrito, tarefa 3)

Neste excerto, os alunos referiram-se à absorção de radiação com determinada frequência por algumas espécies químicas existentes na atmosfera como radiações solares que “colidem com as partículas” transferindo-lhes energia. Neste mesmo excerto, os alunos não conseguiram explicar o efeito térmico das radiações, referindo-se apenas ao facto de ocorrer um aumento de temperatura “devido ao choque entre partículas”, não tendo conseguido explicar em que consiste o efeito térmico.

Na tarefa 4 foi solicitado que os alunos explicassem por que razão é possível a existência de vida na Terra. Apresentam-se dois excertos dos documentos escritos, com as respostas dos alunos, onde é evidente a dificuldade sentida na utilização correta da linguagem científica:

A atmosfera é o principal fator que protege a superfície de um planeta das radiações mais energéticas, que são as mais quentes.

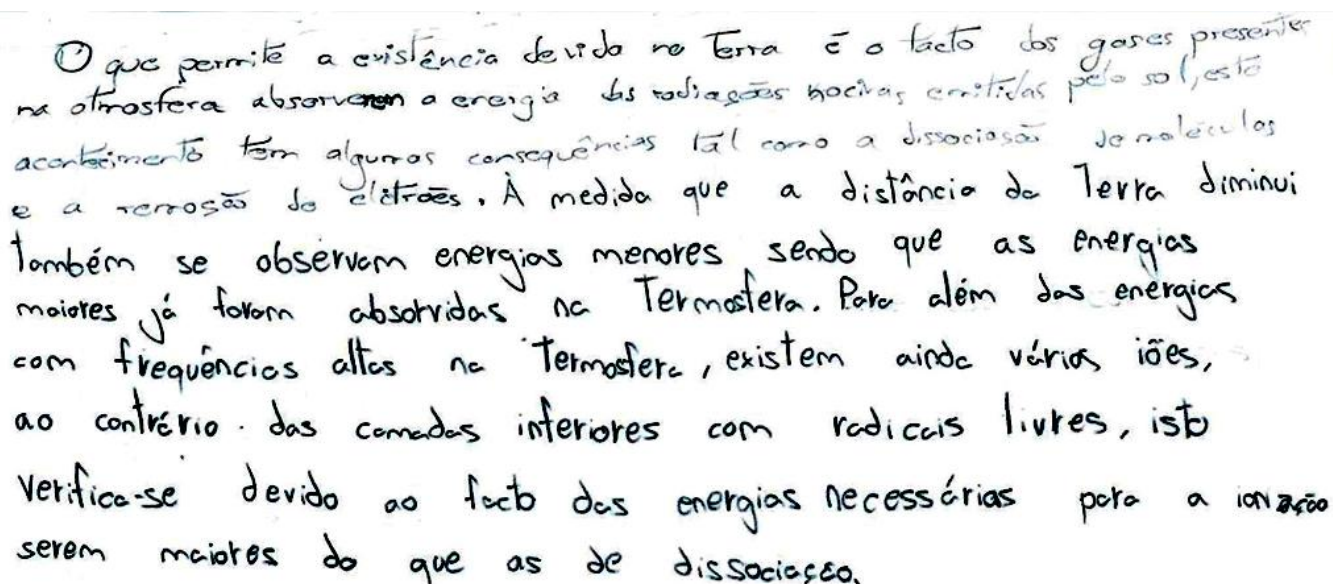
(Documento escrito, tarefa 4)

A radiação vem em vários tipos de energia as mais fortes e menos fortes.  
As mais fortes são as que são absorvidas pelas partículas e essa energia é utilizada para remover o eletrão e cada partícula ganha carga elétrica +1.

(Documento escrito, tarefa 4)

No primeiro excerto, os alunos recorreram, de forma errada, à expressão “mais quente” para associar às radiações mais energéticas (de maior frequência). A expressão é muitas vezes utilizada no dia-a-dia para descrever estados energéticos de maior energia, parecendo, desta forma, que os alunos não conseguiram dissociar a utilização da linguagem do senso comum da linguagem científica. No segundo excerto, os alunos referiram-se à radiação solar que atinge o topo da atmosfera como “a radiação vem em vários tipos de energia”, classificando as radiações de maior frequência em “mais fortes” e de menor frequência “menos fortes”. Parece ainda evidente, no mesmo excerto, que os alunos não conseguiram, por um lado, associar a remoção do eletrão ao termo ionização das partículas e, por outro, referiram-se ao catião formado como a

“partícula que ganha carga elétrica +1”, não tendo utilizado o vocabulário específico da disciplina o que evidencia a sua dificuldade. Apresenta-se, ainda outro excerto, também referente à tarefa 4, no qual é visível a dificuldade na utilização da linguagem científica, apesar de os alunos terem entendido os conceitos científicos.



O que permite a existência devida na Terra é o facto dos gases presentes na atmosfera absorverem a energia das radiações nocivas emitidas pelo sol, este acontecimento tem algumas consequências tal como a dissociação de moléculas e a libertação de electrões. À medida que a distância da Terra diminui também se observam energias menores sendo que as energias maiores já foram absorvidas na Termosfera. Para além das energias com frequências altas na Termosfera, existem ainda várias iões, ao contrário das camadas inferiores com radicais livres, isto verifica-se devido ao facto das energias necessárias para a ionização serem maiores do que as de dissociação.

(Documento escrito, tarefa 4)

Com esta resposta os alunos evidenciam não ter tido dificuldade em compreender os conceitos desenvolvidos durante a realização da tarefa. Expressões como “para além das energias com frequências altas na termosfera” ou “energias necessárias para a ionização serem maiores do que as de dissociação” mostram que os alunos entenderam que a ionização e a dissociação são dois processos distintos, com formação de espécies diferentes, que envolvem radiações de diversas frequências e que ocorrem em diferentes camadas da atmosfera. No entanto, os alunos não conseguiram utilizar corretamente a linguagem científica para dar resposta à questão, escrevendo por exemplo, “as energias maiores” absorvidas na termosfera e não a radiação de maior energia ou quando mencionaram a formação de radicais livre na troposfera escreveram “existem vários iões, ao contrário das camadas inferiores com radicais livres”. Na entrevista em grupo focado, quando os alunos foram questionados sobre as principais dificuldades sentidas durante a realização das tarefas, disseram que apesar de terem compreendido os conceitos teóricos tinham tido dificuldade em escreverem as respostas às questões:

A3 – Tivemos dificuldade em expressar-nos.

(Entrevista, grupo 3)

Os alunos utilizaram a expressão “expressar-nos” para referir a dificuldade na utilização da linguagem científica correta para darem resposta às questões. É interessante verificar que os alunos fizeram uma distinção clara entre a dificuldade que sentiram em redigir as repostas e a compreensão ao nível dos conceitos científicos:

A2 – Porque nós conseguimos compreender os conteúdos e o que estávamos a fazer. Mas pôr no papel...

A3 – ... Sim utilizar a linguagem correta.

A4 – Iniciar a resposta foi difícil e pôr no papel as respostas era um problema.

(Entrevista, grupo 3)

Neste excerto da entrevista foi evidente que os alunos não sentiram dificuldade em perceber os diferentes conceitos trabalhados em aula pois afirmaram “nós conseguimos compreender os conteúdos e o que estávamos a fazer”. No entanto, as dificuldades aumentaram quando tiveram que elaborar as respostas escritas, tendo-se referido a esse momento da aula como “mas pôr no papel...”. Esta expressão traduziu a dificuldade sentida na estruturação das respostas e na utilização da “linguagem correta”. Esta ideia foi reforçada quando o aluno acrescentou “pôr no papel as respostas era um problema”. A palavra “problema” é, neste contexto, sinónimo de maior dificuldade, tendo sido reforçada a ideia de que a utilização da linguagem científica foi uma das principais dificuldades sentidas pelos alunos durante a realização das tarefas. A dificuldade na utilização correta da linguagem científica foi corroborada por vários alunos, durante as entrevistas realizadas:

A2 – Sim. Não era só difícil pormos o nosso [raciocínio], mas também tínhamos de pôr o das outras pessoas todas.

A3 – Exato. E tínhamos de escolher os termos corretos.

A5 – O que às vezes também era difícil.

(Entrevista, grupo 4)

A1 – Sim, mais ou menos. Essa parte já é mais complicada, depende da tarefa.

(Entrevista, grupo 1)

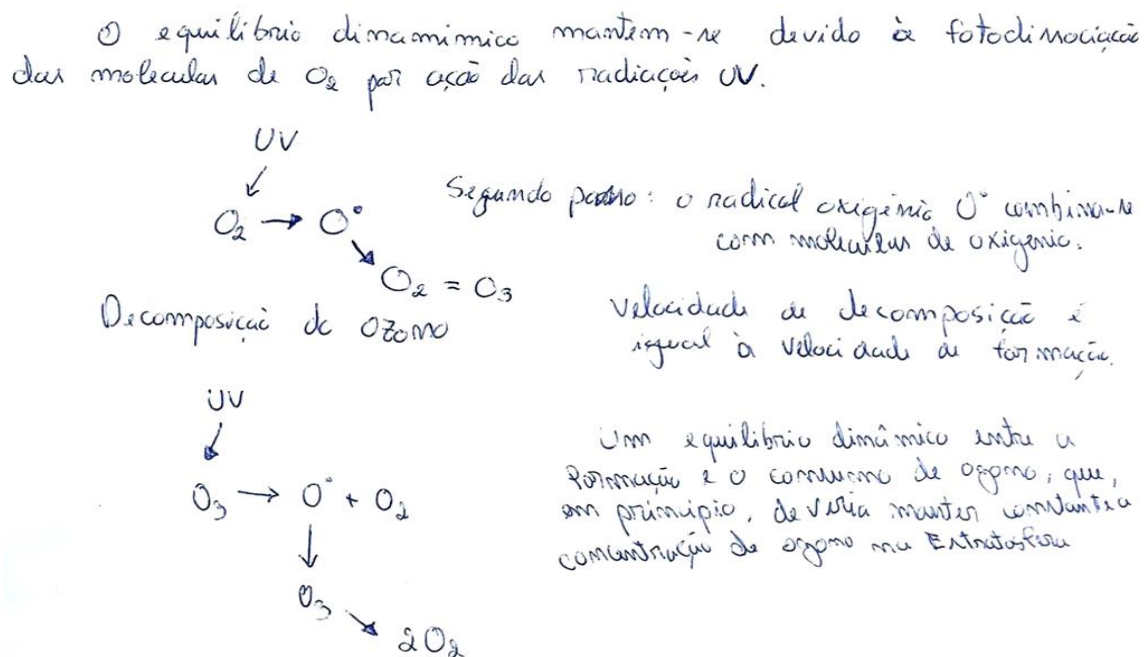
A6 – Na tarefa quatro, essa para mim foi mais difícil que as outras porque tinha termos mais complicados.

(Entrevista, grupo 3)



Assim, quando os alunos utilizaram, durante a entrevista, as expressões “escolher os termos corretos” e “às vezes também era difícil” estavam a fazer menção ao esforço que fizeram por utilizar corretamente a linguagem científica, tendo sido, no entanto, um dos aspetos em sentiram maior dificuldade. Os alunos reconheceram, durante a entrevista, que a dificuldade na utilização da linguagem científica dependeu da tarefa que estavam a desenvolver. O aluno A1, no segundo excerto da entrevista que se apresenta, ao dizer “essa parte já é mais complicada” e “depende da tarefa” estava a aludir à dificuldade sentida na utilização da linguagem científica, apesar do grau de dificuldade ter sido diferente de tarefa para tarefa. Com a expressão “tinha termos mais complicados” um outro aluno justificou que uma das tarefas tinha sido mais difícil que as outras pois os conceitos científicos trabalhados em aulas foram mais complexos.

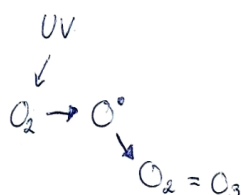
Os alunos também revelaram alguma dificuldade na utilização de linguagem simbólica, nomeadamente na escrita de equações químicas. Na tarefa 5 foi pedido aos alunos que descrevessem o mecanismo de formação e decomposição do ozono estratosférico. Os alunos referiram os diferentes passos do mecanismo de Chapman, mas não recorreram às respetivas equações químicas para o fazerem. Um grupo esquematizou os passos do mecanismo reacional, mas não utilizou equações químicas, como se pode observar no excerto que se segue:



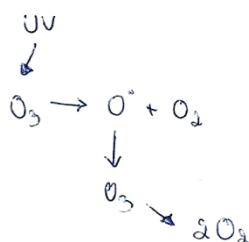
(Documento escrito, tarefa 5)



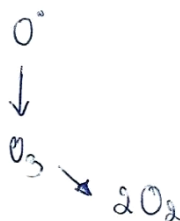
É interessante verificar que os alunos descreveram os dois passos do mecanismo de Chapman envolvidos na formação do ozono estratosférico, mas não descreveram o mecanismo de decomposição do mesmo, limitando-se a mencionar a existência de um “equilíbrio dinâmico entre a formação e o consumo de ozono”. Esta situação é indicativa de que os alunos consideraram que ao realçar os termos associados à descrição do mecanismo de formação do ozono, explicitando por exemplo, que o radical oxigénio se representa por  $O^\bullet$  e ao apresentarem o respetivo esquema:



não necessitavam de pormenorizar a explicação do mecanismo da decomposição do ozono, pelo que se limitaram a apresentar o respetivo esquema:



É também curioso verificar que os alunos não utilizaram equações químicas para descrever o mecanismo de formação e de decomposição do ozono, limitando-se a utilizar as fórmulas químicas das espécies envolvidas, tendo havido, no entanto, em algumas situações, o cuidado de utilizar coeficientes estequiométricos para proceder ao acerto no número de átomos.



Nas notas de campo da professora a dificuldade em utilizar a linguagem científica foi relatada. Na tarefa 1, a professora referiu: “os alunos têm dificuldade em utilizar corretamente a linguagem científica e os termos específicos da disciplina”. A tarefa 4, a

professora mencionou que “os alunos sentiram especial dificuldade na compreensão dos conceitos de ionização e dissociação, em relacionar os conceitos e em utilizar a linguagem científica”. O termo “especial dificuldade” utilizado pela professora mostra que, relativamente a outras tarefas desenvolvidas pelos alunos, estes mostraram mais dificuldade em utilizar corretamente a linguagem científica durante a realização da tarefa 4.

### **Competências do tipo processual**

Nesta categoria foram identificadas várias subcategorias como se mostra no Quadro 4.1: selecionar informação, resumir informação e delinear um plano de ação.

#### **Selecionar informação**

Apesar de os alunos não terem manifestado qualquer dificuldade em pesquisar informação, manifestaram ter sentido especial dificuldade em selecionar a informação necessária para darem respostas aos diferentes problemas propostos. Esta dificuldade foi referida quer nas reflexões que os alunos fizeram das tarefas quer nas entrevistas em grupo focado. Os excertos que se seguem da reflexão dos alunos às tarefas refletem esta dificuldade:

32. Na realização do teste tivemos mais dificuldade em selecionar a informação e relacionar todos os termos.

(Documento escrito, tarefa 2)

10. Sentimos dificuldade em selecionar a informação necessária para respondermos às perguntas colocadas.

(Documento escrito, tarefa 4)

Os alunos nos excertos das reflexões mencionaram explicitamente ter sentido dificuldade em selecionar a informação necessária para a resolução dos problemas propostos em cada uma das tarefas. Na entrevista em grupo focado foi também referida, por vários alunos, esta dificuldade:

P – Sentiram dificuldade em pesquisar e em selecionar a informação?

A3 – Sim em selecionar...

(Entrevista, grupo 3)

A3 – Não tive dificuldade em pesquisar a informação porque estava tudo no livro ou nos textos.

A4 – Sim, para mim o mais difícil foi selecionar a informação porque ir à procura da informação era fácil.

(Entrevista, grupo 4)

No primeiro excerto das entrevistas o aluno disse claramente, em resposta à questão colocada pela professora, ter tido dificuldade em selecionar a informação e, no segundo excerto, o aluno salientou não ter tido dificuldade em pesquisar a informação pois “estava tudo nos livros ou nos textos”. No entanto, foi mencionado claramente pelo aluno A4 que “o mais difícil foi selecionar a informação”.

### **Resumir informação**

Associada à dificuldade de selecionar a informação pesquisada, os alunos mencionaram também ter tido dificuldade em resumir a informação que selecionaram. Esta dificuldade foi mencionada explicitamente na reflexão que os alunos fizeram das tarefas e nas entrevistas em grupo focado:

*Senti mais dificuldade na elaboração do resumo*

(Documento escrito, tarefa 3)

*10. Senti mais dificuldades em resumir a informação encontrada necessária para a discussão.*

(Documento escrito, tarefa 6)

Nas entrevistas em grupo focado os alunos referiram:

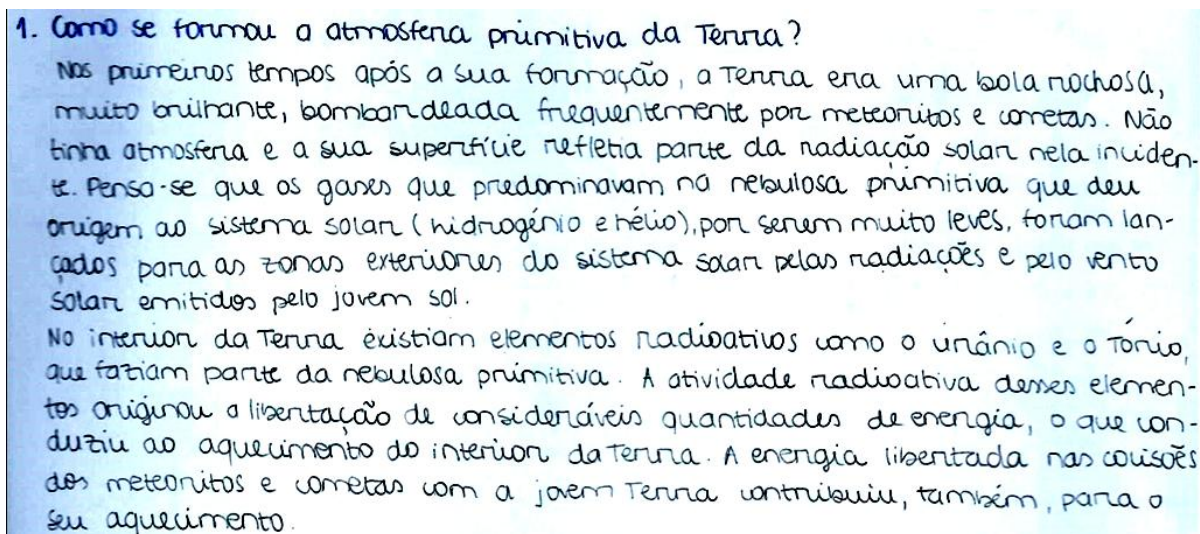
A3 – Sentimos dificuldade em relacionar a informação entre si e dar resposta às questões. Eram extensas e difíceis de resumir.

(Entrevista, grupo 3)

A4 – Por vezes as respostas escritas eram longas e difíceis de resumir o essencial.

(Entrevista, grupo 4)

Nos excertos das entrevistas, os alunos recorrem a expressões como “respostas extensas e difíceis de resumir” ou respostas “longas” e “difíceis de resumir o essencial” para expressarem esta dificuldade. Esta dificuldade foi também evidente em algumas respostas escritas, como no exemplo que se apresenta:



1. Como se formou a atmosfera primitiva da Terra?

Nos primeiros tempos após a sua formação, a Terra era uma bola rochosa, muito brilhante, bombardeada frequentemente por meteoritos e cometas. Não tinha atmosfera e a sua superfície refletia parte da radiação solar nela incidente. Pensa-se que os gases que predominavam na nebulosa primitiva que deu origem ao sistema solar (hidrogénio e hélio), por serem muito leves, foram lançados para as zonas exteriores do sistema solar pelas radiações e pelo vento solar emitidos pelo jovem sol.

No interior da Terra existiam elementos radioativos como o urânio e o tório, que faziam parte da nebulosa primitiva. A atividade radioativa desses elementos originou a libertação de consideráveis quantidades de energia, o que conduziu ao aquecimento do interior da Terra. A energia libertada nas colisões dos meteoritos e cometas com a jovem Terra contribuiu, também, para o seu aquecimento.

(Documento escrito, tarefa 2)

No excerto que se apresenta, os alunos responderam à questão “como se formou a atmosfera primitiva?”. Na resposta dos alunos é evidente que estes tiveram dificuldade em resumir a informação selecionada, tendo apresentado uma descrição da Terra como “bola rochosa,...” ou “a sua superfície refletia parte da radiação”, informação que não é essencial para a resposta à questão colocada. Esta dificuldade foi evidente nas primeiras tarefas realizadas pelos alunos.

### **Delinear um plano de ação**

Outra dificuldade manifestada pelos alunos na realização das tarefas foi na organização de um plano de ação para a resolução de um determinado problema. Esta dificuldade foi notória nos registos das respostas escritas dos alunos às questões 3 e 2 das tarefas 2 e 4, respetivamente. Durante a realização destas tarefas, os alunos tentaram delinear m plano de ação:

3- Poluição atmosférica ← Problema  
homem e a natureza ← causas

Plantar árvores

automóveis elétricos

reduzir o uso de plástico nos produtos ~~comerciais~~ ~~comerciais~~

reciclagem obrigatória de todo o tipo de  
extensões.

(Documento escrito, tarefa 2)

3o - Investir nas energias renováveis de forma a torná-las mais rentáveis (ou seja de menor custo) e mais acessíveis.

- Diminuir o consumo dos combustíveis fósseis:

→ utilizar carros híbridos / elétricos ou reduzir o uso de  
veículos motorizados;

→ mudar os combustíveis utilizados;

- Promover a reforestação;

- Transmitir às populações a política dos 5 R's.

(Documento escrito, tarefa 2)

② - Identificação do problema

- Identificação das causas / origens do problema

- Pesquisar informação

- Elaborar uma estratégia:

- Colocar o plano em ação

- Responder à questão formulada.

(Documento escrito, tarefa 4)

Na tarefa 2 tornou-se evidente, pelos documentos escritos apresentados, que os alunos nunca tinham delineado um plano de ação. Por esta razão, limitaram-se a propor algumas medidas para combater a poluição atmosférica sem fazerem referência nem às diferentes etapas da resolução do problema nem às estratégias que utilizariam na procura a informação para a resolução do problema. No primeiro excerto, os alunos

ainda explicitaram o problema a resolver. Na tarefa 4, os alunos identificaram as principais etapas do plano de ação, mas não conseguiram concretizar o plano para o problema específico que tinham que resolver. Por exemplo, os alunos referiram que tinham que identificar as “causas do problema”, mas não as explicitaram ou que uma das etapas era “elaborar uma estratégia” mas não indicaram qual.

A dificuldade em delinear o plano de ação foi relatada pelos alunos nas reflexões que realizaram quer na tarefa 2 quer na tarefa 4:

10. Senti dificuldades em realizar a pergunta 2 da Tarefa.

(Documento escrito, tarefa 2)

10. Ao início, tivemos algumas dificuldades a elaborar o plano de ação.

(Documento escrito, tarefa 4)

Quando o aluno, no primeiro excerto apresentado, se referiu à questão 2 da tarefa estava aludir à organização do plano de ação. Apesar de não terem conseguido delinear de forma correta um plano de ação na tarefa 4, os alunos mencionaram que “ao início tivemos algumas dificuldades”. Com esta expressão, os alunos consideram que houve uma evolução na delineação de planos de ação da tarefa 2 para a tarefa 4.

Nos excertos das reflexões, apesar de os alunos terem mencionado ter sentido dificuldade em delinear o plano de ação, não conseguiram especificar a dificuldade específica: se foi na identificação do problema, se na formulação da hipótese para a resolução do problema, se na pesquisa da informação necessária para a resolução do problema, se na identificação e/ou concretização das estratégias para a sua resolução ou se na formulação das principais conclusões e discussão do problema. Esta situação parece evidenciar o facto de os alunos não terem compreendido a finalidade em delinear um plano de ação para a resolução de determinado problema.

Durante a realização da tarefa 2, alguns alunos recorreram à professora para esclarecerem o objetivo da organização do plano de ação e a forma de o fazerem. Nas notas de campo a professora referiu que “os alunos sentiram dificuldade em delinear o plano de ação” e ainda “os alunos nunca elaboraram um plano de ação, pelo que durante

a discussão em aula, foram apresentadas e discutidas as principais etapas para a realização de um plano de ação”.

Também durante a entrevista, os alunos verbalizaram a dificuldade sentida na realização do plano de ação:

A5 – O plano de ação.

A2 – Sim, nunca tínhamos feito um plano de ação. O primeiro foi mais difícil. No outro, como já sabíamos o que era foi mais fácil.

(Entrevista, grupo 3)

Os alunos consideraram ter tido mais facilidade em executar o plano de ação na tarefa 4. No entanto, verifica-se através do registo das respostas escritas, já anteriormente apresentados, que apenas compreenderam quais os principais passos do plano de ação mas não conseguiram concretizá-lo na situação específica proposta na tarefa, não tendo desenvolvido plenamente esta competência.

### **Competências do tipo social, atitudinal e axiológico**

As dificuldades evidenciadas pelos alunos nesta categoria foram organizadas em três subcategorias, tal como se apresenta no Quadro 4.1: trabalhar em grupo, gerir o tempo e refletir sobre o trabalho realizado.

#### **Trabalhar em grupo**

De uma forma geral, os alunos mencionaram ter gostado do trabalho de grupo. No entanto, reconheceram ter sentido alguma dificuldade inicial em organizarem-se. Quando questionados responderam:

A2 – O grupo teve dificuldade em organizar-se.

(Entrevista, grupo 1)

A5 – Por vezes foi complicado trabalhar em grupo porque nem todos participaram da mesma forma. Não é que os elementos do nosso grupo não tenham trabalhado, mas como têm mais dificuldade não foi o melhor contributo. Mas apesar de tudo são mais cabeças a pensar.

(Entrevista, grupo 2)

A2 – Sim, porque é difícil trabalhar com eles. Nós começamos a falar um pouco e não respondemos a todas as questões.

P – Mas consideram que é difícil trabalhar em grupo?

A6 – É, pois temos que ter uma única resposta e nem todos trabalham da mesma forma.

A2 – Depende. Facilita pois as tarefas estão divididas.

A1 – Eu às vezes preferia fazer o trabalho sozinho porque o grupo não era o certo...

(Entrevista, grupo 4)

Nestes excertos os alunos apresentaram as principais razões para a dificuldade que sentiram em trabalhar em grupo. Foi mencionada a dificuldade do grupo em “organizar-se” e em que todos os elementos do grupo participassem “da mesma forma”. Com esta expressão o aluno estava a referir-se ao facto de alguns elementos do grupo, por terem mais dificuldades, não contribuíram da mesma forma para o produto final que tinham que apresentar. Num dos excertos apresentados, pode ler-se “nem todos trabalham da mesma forma” que pode ter dois significados: o primeiro está relacionado com o que já foi exposto pois nem todos os alunos contribuírem de igual forma e, o segundo, com o facto de os alunos terem métodos de trabalho diferentes, o que se pode traduzir numa dificuldade acrescida, pois pode dificultar o funcionamento do grupo.

Uma outra razão apresentada pelos alunos para a dificuldade de trabalhar em grupo está relacionada com o facto de terem que chegar a um consenso, após discussão no grupo: “temos que ter uma única resposta”. Este consenso implica uma negociação por parte dos elementos do grupo que pode traduzir-se numa dificuldade acrescida durante a realização dos trabalhos de grupo.

A dificuldade de trabalhar em grupo não foi mencionada nas reflexões individuais dos alunos. No entanto, a professora fez menção a esta dificuldade nas suas notas de campo relativas à tarefa 1, tendo mencionado:

dois grupos parecem ter dificuldade em trabalhar de forma colaborativa. Num dos grupos os alunos demoraram algum tempo para iniciar a tarefa proposta e não responderam na totalidade às questões propostas. Noutro, os alunos não interagiram entre si, apesar de terem entregue um documento escrito único.

(Notas de campo, tarefa 1)



Neste excerto, a professora identificou a organização dos elementos do grupo e a pouca interação entre os alunos como as principais razões para a dificuldade sentida pelos alunos no trabalho de grupo.

### **Gerir o tempo**

A gestão do tempo foi outra das dificuldades sentidas pelos alunos e mencionadas nas entrevistas em grupo focado. Os alunos referiram que o tempo disponível para realização das tarefas foi pequeno, sendo aquelas extensas. Disseram não ter tido tempo de refletir e discutir sobre as questões propostas. Assim, quando questionados sobre as dificuldades sentidas na realização das tarefas, alguns alunos responderam o tempo limitado para a realização das mesmas. O excerto que se segue reflete essa opinião:

A3 – O tempo limitado.

A2 – Sim, às vezes não havia tempo suficiente para discutirmos as nossas ideias e tínhamos que pôr tudo ali e ficava um bocadinho mal organizado. E depois era durante a discussão que acabávamos por arranjar as respostas e dar um jeitinho e acabava por ficar melhor.

(Entrevista, grupo 1)

Quando o aluno, no excerto apresentado recordou “às vezes não havia tempo” estava a fazer referência ao tempo que os elementos do grupo tiveram para discutir as diferentes respostas entre eles que, na opinião dos alunos, foi “limitado”. Como consequência, o trabalho final “ficava um bocadinho mal organizado”. Foi curioso verificar que os alunos, durante as discussões em aula, faziam correções às respostas admitindo que “acabávamos por dar um jeitinho”, pelo que o trabalho final acabava, na opinião dos alunos, por não refletir esta dificuldade.

A dificuldade na gestão do tempo para a realização das tarefas não foi mencionada de forma direta nos documentos escritos, mas durante a aula os alunos fizeram referência a esta questão, pedindo à professora mais tempo para a resolução das questões. A professora referiu este aspeto nas suas notas de campo, tendo também refletido sobre os diferentes ritmos de trabalho dos diferentes grupos. Na tarefa 1, a professora comentou que “alguns grupos tiveram dificuldade em concluir as respostas às questões no tempo estipulado para o fazerem”. Nas notas de campo da tarefa 2 acrescentou

os grupos apresentam diferentes ritmos de trabalho. Para a resolução da mesma questão enquanto uns grupos já tinham terminado o trabalho proposto outros continuavam a trabalhar para concluir a tarefa. O grupo de alunos da turma apresenta ritmos de trabalho distintos

(Notas de campo, tarefa 2)

Esta referência da professora à dificuldade que os alunos tiveram para concluir as atividades propostas na primeira tarefa e os diferentes ritmos de trabalho dos alunos confirmam a dificuldade sentida pelos alunos na gestão do tempo para a realização das tarefas.

### **Refletir sobre o trabalho realizado**

Os alunos, no final de cada tarefa, realizaram uma reflexão sobre o trabalho que tinham desenvolvido com o objetivo de fazerem uma avaliação das suas aprendizagens. Identificaram não só as principais dificuldades que sentiram durante a realização da tarefa mas também as aprendizagens efetuadas e que momentos da aula que gostaram mais e menos e por que razão. Quando questionados sobre a importância da reflexão sobre as aprendizagens que realizaram os alunos responderam:

A4 – É importante, mas houve uma altura em que era um bocado chato, pois foi em todas as aulas.

A6 – Sim porque em cada aula estamos a repetir o que escrevemos nas aulas anteriores.

A2 – Pois, eu acho que estamos a repetir o sumário...

A2 – Foi repetitivo mas fez-se rápido.

(Entrevista, grupo 2)

Neste excerto, é clara a dificuldade que os alunos sentiram na realização da reflexão das tarefas desenvolvidas. O aluno A6, ao referir “estamos a repetir o que escrevemos nas aulas anteriores”, evidencia que apesar das tarefas realizadas serem diferentes considera que a avaliação é sempre igual, não conseguindo por isso, particularizar para cada situação as aprendizagens realizadas e as dificuldades sentidas, que são necessariamente distintas entre as diferentes tarefas. Acresce ainda que a maioria dos alunos parece ter tido dificuldade em reconhecer a importância da realização da reflexão para as aprendizagens efetuadas. Quando o aluno A4, mencionou o facto de “era um bocado chato, pois foi em todas as aulas” mostrou não ter percebido

a necessidade de efetuar uma reflexão do trabalho desenvolvido, em cada tarefa, com o objetivo ir reajustando o método de trabalho às dificuldades sentidas e as aprendizagens realizadas.

A grande maioria dos alunos associou as aprendizagens realizadas apenas a competências do conhecimento substantivo. Isto é evidente na afirmação que o aluno A2 faz quando se refere à reflexão sobre as aprendizagens: “estamos a repetir o sumário”. Com esta afirmação o aluno mostra ter dificuldade em refletir sobre o trabalho desenvolvido, limitando-se a “repetir o sumário”, não conseguindo, em cada tarefa especificar as competências desenvolvidas. É ainda curioso verificar que os alunos revelaram dificuldade na realização de uma reflexão mais profunda, pois o aluno A2 referiu-se a este momento da aula como “repetitiva mas fez rápido”. Esta frase reforça a ideia de, por um lado, os alunos tiveram dificuldade em realizar a reflexão, embora não reconheçam esta dificuldade, pois nunca foi por eles explicitamente mencionada e, por outro, a pouca importância que os alunos atribuíram às reflexões e o pouco cuidado que tiveram na sua elaboração. Também o excerto que se segue demonstra o pouco cuidado e empenho na realização das reflexões:

A6 – Mas as respostas são sempre iguais: “Gostaste?”, “Gostei”; “Não gostaste?” “Não gostei”; “O teu grupo trabalhou bem?”... Era sempre igual.

(Entrevista, grupo 3)

Alguns alunos referiram, relativamente às reflexões que realizaram, a importância que as mesmas tinham para o professor:

A1 – É importante para a *stora* uma vez que a *stora* não é a nossa verdadeira *stora* e tem que ter uma perceção da forma com estamos a reagir, sendo você a dar a matéria.

(Entrevista, grupo 3)

Neste excerto, o aluno mencionou que as reflexões eram importantes para o desenvolvimento do trabalho do professor, pois era necessário que este tivesse perceção da forma como os alunos estavam a reagir às tarefas para assim ir adaptando estratégias e reforçando as aprendizagens realizadas pelos alunos. Este aluno, não fez qualquer alusão à importância destas reflexões para o desenvolvimento do seu trabalho e melhoria das suas aprendizagens, o que confirma a ideia de que os alunos não compreenderam a importância que estas reflexões poderiam ter tido para a sua

aprendizagem. A dificuldade que sentiram na realização das reflexões, a pouca importância que os alunos deram à avaliação das tarefas e o pouco empenho traduziram-se nas reflexões que realizaram. Uma grande maioria foi muito sintética, não desenvolveu as principais dificuldades que sentiram nem referiram a razão por que gostaram mais de um aspeto da tarefa em relação a outros.

- Reflexão...
- 10. → Camada de ozono;
    - consequências das CFC's na camada de ozono;
    - Reações químicas na camada de ozono;
    - Catalisadores;
    - FTS;
    - Tipos de protecções solares.
  - 11. Não senti grandes dificuldades.
  - 12. Gostei de tudo em geral.
  - 13. O grupo funcionou bastante bem.

(Documento escrito, tarefa 5)

O excerto da reflexão que se apresenta evidência o pouco cuidado de alguns alunos na realização das reflexões. Mais uma vez se confirma que a maioria dos alunos relacionou as aprendizagens realizadas apenas ao conhecimento científico, não associando o desenvolvimento de competências de outros domínios a aprendizagens realizadas. No entanto, é interessante verificar que alguns alunos reconheceram a importância de realizarem a reflexão das tarefas, como se mostra no excerto da entrevista:

P – E esta reflexão em que é que vos ajudou?

A2 – Ajudou para sabermos quais as nossas dúvidas.

A5 – E mesmo para esclarecer o que demos naquela aula.

A1 – Para termos uma perceção do que fizemos realmente na aula...

A3 – Ou do que não fizemos...[Risos]

A4 – Eu acho que é importante pois permite melhorar o trabalho realizado e perceber quais são as principais dificuldades que sentimos.

(Entrevista, grupo 2)

Neste excerto, os alunos referiram que as reflexões foram importantes para terem uma melhor percepção das suas dúvidas e fazerem uma avaliação das aprendizagens realizadas em cada aula. Reconheceram ainda que estes momentos das aulas “permitem melhorar o trabalho realizado” e ter consciência das “principais dificuldades” que sentiram, sendo por estes motivos momentos importantes para avaliar e redefinir estratégias de aprendizagem.

### **Aprendizagens realizadas pelos alunos quando desenvolvem tarefas que promovem uma abordagem CTSA e estratégias utilizadas para aprenderem**

Nesta secção vão analisar-se os resultados obtidos com o objetivo de dar resposta à segunda questão orientadora do trabalho e conhecer que aprendizagens foram realizadas e que estratégias foram utilizadas pelos alunos durante a realização das tarefas que promovem uma abordagem CTSA. Apesar das dificuldades sentidas pelos alunos durante a realização das tarefas, eles foram efetuando aprendizagens de diferentes tipos. Através dos dados recolhidos emergiram quatro categorias de análise: competências do tipo concetual, competências do tipo processual, competências do social, atitudinal e axiológico e estratégias. Apresentam-se de seguida os resultados obtidos para cada uma destas categorias.

#### **Competências do tipo concetual**

Durante o desenvolvimento das tarefas os alunos realizaram várias aprendizagens e mobilizaram várias competências de diferentes domínios, nomeadamente do tipo concetual, tal como se mostra no Quadro 4.1.

#### **Utilizar linguagem científica**

Os alunos associaram, num primeiro momento, as aprendizagens realizadas apenas ao conhecimento substantivo, tal como se evidencia nos excertos das reflexões que se apresentam e, nos quais, os alunos responderam à questão “Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A”

11. Durante a aula de Física e Química aprendemos a definição e as diferenças ~~entre~~ entre a toxicidade, solventes, DLS e perigosidade de a substância e relacionar todos os termos.

(Documento escrito, tarefa 2)

10. Aprendi como se mantém o equilíbrio entre a formação e destruição de ozono; o que conduz à destruição do ozono pelos CFC; as principais consequências da destruição do ozono e porque é que o arrefecimento provoca o buraco na camada de ozono.

(Documento escrito, tarefa 5)

Nestes excertos, os alunos utilizam expressões como “aprendemos a definição e as diferenças” ou “relacionar todos os termos” e ainda “as principais consequências” para explicitarem as aprendizagens que realizaram. Desta forma, parece que os alunos apenas reconheceram como aprendizagens as que estavam relacionadas com os conceitos científicos e a linguagem científica, apesar de ter sido uma das principais dificuldades sentidas pelos alunos. Os excertos apresentados refletiram o que todos os alunos da turma consideraram ter aprendido durante a realização das tarefas. Em todas as reflexões individuais, à exceção de uma, os alunos apenas fizeram referência às aprendizagens a nível do conhecimento substantivo.

Apesar da dificuldade sentida, na compreensão de alguns conceitos científicos, os alunos durante o desenvolvimento das diferentes tarefas, nomeadamente com as discussões que realizaram nos grupos de trabalho e em turma, conseguiram compreender os conceitos e relacioná-los entre si. Por este motivo, nas reflexões que apresentaram no final de cada tarefa utilizaram as expressões “aprendemos” e “aprendi”.

Também nas entrevistas em grupo focado quando os alunos foram questionados sobre as aprendizagens efetuadas mencionaram de imediato as relacionadas com os conceitos científicos:

A3 – Estávamos sempre preocupadas em utilizar palavras mais caras e vocabulário mais certo.

(Entrevista, grupo 1)

Quando o aluno se referiu à preocupação em utilizar “palavras mais caras” e o “vocabulário mais certo”, estava a mencionar o cuidado que teve em responder às questões recorrendo aos conceitos científicos que foram trabalhados em aula e à linguagem científica. Nos documentos escritos com as respostas dos alunos foi visível esta preocupação em utilizar de forma correta a linguagem científica. Apresentam-se dois excertos destes registos nos quais os alunos demonstram ter aprendido os conceitos científicos envolvidos em diferentes tarefas.

6. DL50: É um indicador do grau de toxicidade de uma determinada substância. DL50 pode também definir-se como a quantidade de um produto químico necessário para provocar a morte de 50% de seres vivos, de uma determinada população - amostra. A dose letal (DL50) exprime-se em miligramas do produto tóxico por cada Kg de massa corporal.

(Documento escrito, tarefa 2)

O efeito térmico ocorre quando as partículas atmosféricas utilizam a energia absorvida para aumentar a sua energia cinética, provocando o aumento de temperatura em algumas zonas da atmosfera.

O efeito químico, por outro lado, ocorre quando as partículas absorvem a energia das radiações, usando-as para desencadear reações químicas, com a dissociação e ionização das partículas.

Na estratosfera <sup>é a zona cinética da troposfera</sup> ~~de-se a dissociação~~ das partículas pela radiação UV, formando radicais livres com  $\text{OH}^\bullet$ ,  $\text{Cl}^\bullet$ ,  $\text{O}^\bullet$ ,  $\text{CH}_3^\bullet$ , etc; sendo muito reativos por terem um eletrão desemparelhado. Para se dissociar, cada molécula necessita de um valor mínimo de energia. Se a radiação incidente numa molécula tiver energia superior à energia de dissociação, a energia em excesso vai ser absorvida como energia cinética pelas partículas formadas. O aumento desta origina um aumento de temperatura nessas partículas.

No caso de ionização, a energia da radiação solar absorvida pelas partículas é utilizada para remover um eletrão, ionizando assim o partícula, formando  $\text{O}_2^+$ ,  $\text{N}_2^+$ .

(Documento escrito, tarefa 4)

No primeiro excerto que se apresenta, os alunos definiram a dose letal para 50 por cento da população utilizando de forma correta o vocabulário específico da disciplina, tendo relacionado este parâmetro com o grau de toxicidade de uma substância, referindo

explicitamente que “DL50 é um indicador do grau de toxicidade de uma determinada substância”. Esta frase evidencia o facto de os alunos terem por um lado, apreendido o significado dos conceitos DL50 e toxicidade e, por outro, terem estabelecido uma relação entre eles. No segundo excerto, os alunos fizeram a distinção clara entre o “efeito químico” e o “efeito térmico” da radiação, entre a “ionização” e a “dissociação” de diferentes espécies com a formação de iões e de radicais livres. Conseguiram relacionar a formação das diferentes espécies com a maior ou menor energia da radiação envolvida e com a camada da atmosfera que ocorre cada um dos processos. E, tal como no exemplo anterior, os alunos recorreram à linguagem científica e utilizaram de forma correta o vocabulário específico da disciplina. Fazem, por exemplo, alusão à energia da radiação incidente ser ou não suficiente para remover um eletrão “ionizando assim a partícula” formando-se espécies químicas como “ $O_2^+$  e  $N_2^+$ ”. Neste pequeno excerto, os alunos recorrem à linguagem simbólica para representar as espécies químicas formadas. Utilizam este tipo de linguagem para fazerem referência aos radicais livre como por exemplo “ $OH^\bullet$ ” ou “ $Cl^\bullet$ ”.

Nas notas de campo referentes à tarefa 4, a professora referiu que

apesar dos conceitos trabalhados em aula – ionização, dissociação e formação de radicais livres – serem difíceis de assimilar, os alunos parecem ter compreendido o seu significado pois na discussão final conseguiram discutir a razão pela qual a atmosfera terrestre funciona como um filtro solar.

(Notas de campo, tarefa 4)

De uma forma geral os alunos, durante as discussões realizadas em aula, mostraram ter compreendido o significado dos conceitos científicos e utilizaram a linguagem científica para explicarem os conceitos aprendidos. No registo áudio de uma das aulas pode ouvir-se:

A1 - Os CFC chegam intatos à atmosfera, onde por ação da radiação ultravioleta as ligações quebram-se e forma-se os radicais cloro. O cloro atómico, muito reativo, vai reagir com o ozono, originando monóxido de cloro e oxigénio. O monóxido de cloro reage com o oxigénio, que abunda na atmosfera e origina de novo os radicais cloro. Os radicais cloro não vão ser consumidos, funcionam como catalisadores. Cada radical cloro pode destruir cerca de 100 mil moléculas de ozono.

(Registo áudio, grupo 11)



A professora, no dia a que se refere este excerto do registo áudio, nas suas notas de campo mencionou:

o grupo explicou o mecanismo de atuação dos CFC na decomposição do ozono estratosférico recorrendo às respetivas equações projetadas no slide da apresentação. Durante a discussão sobre a destruição do ozono pelos CFC, os alunos exploraram as respetivas equações químicas, parecendo ter compreendido o mecanismo de destruição do ozono estratosférico pelos CFC.

(Notas da campo, tarefa 5)

Este exemplo é demonstrativo de que os alunos desenvolveram a linguagem científica pois conseguiram explicar o mecanismo de atuação dos CFC recorrendo à linguagem simbólica (equações químicas) e utilizando, de forma correta, termos e expressões como “forma-se radicais livres” ou “originando monóxido de cloro” e ainda “funcionam como catalisadores”.

Também, no registo áudio realizado na aula 4, durante a discussão final, foi claro que os conceitos trabalhados na aula estavam compreendidos:

A1 - As radiações mais energéticas são absorvidas nas camadas superiores da atmosfera e essas radiações têm energia suficiente para ionizar as moléculas formando os iões. Nas camadas mais perto da superfície terrestre, a energia das radiações não é suficiente para ionizar as moléculas mas é suficiente para dissociar, formando os radicais livres, muito reativos.

P – Todos perceberam?

Vários alunos – Sim.

(Registo áudio, grupo 10)

O aluno fez a distinção correta entre a dissociação e a ionização tendo referido as espécies formadas em cada caso e o facto de os radicais livres serem espécies “muito reativos”. O aluno recorreu a uma linguagem simples mas teve o cuidado de utilizar termos científicos quando fez a sua intervenção.

Durante as discussões realizadas em aula foi possível verificar a evolução que os alunos tiveram na utilização da linguagem científica. A professora nas suas notas de campo relativas à tarefa 6 referiu “os alunos estiveram preocupados, durante o role-play, em utilizar a linguagem científica e em relacionar os conceitos trabalhados em aula”. No registo áudio da aula 6 foi possível registar o esforço que os alunos fizeram para utilizar a linguagem científica:

- A1 – Gostaria de perguntar aos cientistas por que razão começam a utilizar substâncias, como por exemplo os CFC, sem terem a certeza do seu perigo para a atmosfera?
- A2 – O conhecimento científico e tecnológico vai desenvolvendo-se. Quando os CFC foram inicialmente utilizados, não se conheciam as consequências da interação destas moléculas com a radiação mais energética.
- A3 – Sim, porque nestas decisões o fator económico é importante.
- A2 – Foi só com o desenvolvimento científico e com o conhecimento do mecanismo de atuação dos CFC, com a formação dos radicais cloro, se compreendeu os efeitos destes compostos no ozono.

(Registo áudio, grupo 16)

Neste excerto, os alunos parecem ter tido algum cuidado não só na utilização da linguagem científica mas da língua portuguesa. Por exemplo, na questão que o aluno A1 coloca aos cientistas é evidente esta preocupação pois o aluno utiliza uma linguagem mais formal para interpelar os colegas. O aluno A2 responde, referindo a influência que o desenvolvimento científico e tecnológico teve para o conhecimento do mecanismo de atuação do CFC sobre o ozono estratosférico, nomeadamente dos radicais cloro. Assim, é evidente que apesar da utilização da linguagem científica ter sido uma das principais dificuldades sentidas pelos alunos, foi também uma das competências por eles desenvolvida. Durante a entrevista em grupo focado, os alunos mencionaram ter desenvolvido a linguagem científica:

- A3 – Temos mais conhecimentos e conseguimos relacionar melhor.
- A4 – E às vezes as explicações não são as melhores, mas como já sabemos algumas coisas e o que significam, conseguimos relacionar e é mais fácil de compreender.

(Entrevista, grupo 1)

- A4 – Uma notícia em que alguém não percebia os termos e nós também não sabíamos, agora já podemos dizer: “mãe é assim...”.

(Entrevista, grupo 2)

Os alunos reconheceram que realizaram aprendizagens ao nível dos conceitos científicos, pois disseram ter “mais conhecimentos”. Esta aprendizagem permitiu como mencionou o aluno A3 estabelecer relações entre os diferentes conceitos e, compreender melhor a informação vinculada quer na comunicação social quer em revistas de carácter mais científico. É interessante verificar que quando o aluno referiu, na entrevista “agora

já podemos dizer” quis aludir que, depois de ter realizado as tarefas propostas, considerou ter desenvolvido as competências necessárias, nomeadamente a de utilizar a linguagem científica, para explicar a outras pessoas conceitos e linguagem específica relacionada com os temas trabalhados nas aulas. Esta confiança demonstrada pelo aluno significa que ele realizou uma aprendizagem efetiva ao nível da utilização da linguagem científica.

### **Competências do tipo processual**

Nesta categoria foram identificadas várias subcategorias como se mostra no Quadro 4.1 seleccionar e resumir informação, argumentar e analisar gráficos e tabelas.

#### **Selecionar e resumir informação**

Apesar dos alunos terem dado especial ênfase às aprendizagens dos conceitos científicos também reconheceram ter desenvolvido competências a outros níveis como se demonstra neste excerto das entrevistas em grupo focado:

P – Em que medida as tarefas desenvolvidas são uteis para a vossa aprendizagem?

A2 – Acho que é a vertente de nós termos de procurar e descobrir a informação sozinhos, ir ao livro, pesquisar e seleccionar aquilo que nos vai ser útil. Pode ser útil e ajuda-nos a estudar e a aprender a estudar e a seleccionar a informação que precisamos num espaço de tempo limitado.

(Entrevista, grupo 1)

Neste excerto da entrevista, o aluno fez referência ao facto de ter desenvolvido diferentes competências como pesquisar e seleccionar informação para a realização da tarefa. É possível verificar que o aluno reconheceu que estas tarefas foram importantes para “aprender a estudar”, pois permitiram que os alunos pesquisassem de forma mais autónoma a informação, a seleccionassem e retirassem dela a informação necessária para resolver os problemas propostos.

A seleção de informação foi identificada pelos alunos como uma dificuldade sentida na realização das tarefas. No entanto, é interessante verificar que esta dificuldade foi diminuindo ao longo das tarefas, uma vez que nas respostas escritas foi evidente que estas foram sendo, de tarefa para tarefa, mais concisas, sendo os alunos

capazes de selecionar e escrever apenas a informação necessária para responder à questão formulada. As respostas escritas na tarefa 1, da maioria dos grupos, foram extensas e não abordavam apenas os aspetos essenciais. Esta situação foi mencionada nas notas de campo da professora relativas aquela tarefa. A professora referiu “os alunos tiveram dificuldade em selecionar a informação necessária para dar respostas às questões por eles colocadas. De uma forma geral, os alunos apresentaram respostas muito extensas”. Nas notas de campo referentes à tarefa 3 a professora comentou

apesar dos alunos terem que descrever as principais características das camadas da atmosfera, conseguiram identificar e registar os aspetos essenciais relacionados com cada uma delas, pelo que parecem ter conseguido ultrapassar a dificuldade identificada em tarefas anteriores de selecionar a informação necessária para dar resposta às questões.

(Notas da campo, tarefa 3)

A capacidade de seleção da informação é evidenciada no excerto da resposta escrita de um grupo que apresenta as principais características de uma das camadas da atmosfera (primeiro excerto) ou, de outro, que justifica a razão pela qual é possível a existência de vida na Terra (segundo excerto).

Estratosfera – A segunda camada da atmosfera, que contém a camada do ozono, situa-se entre os 12 e 50 km de altitude. Aqui, a temperatura aumenta dos  $-60^{\circ}\text{C}$  até aos  $0^{\circ}\text{C}$ , devido à interação química e térmica entre a radiação solar e os gases aí existentes. As radiações responsáveis por estes efeitos (que são absorvidas) são as radiações ultravioleta, de energia entre os  $6,6 \times 10^{-19} \text{ J}$  e os  $9,9 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

(Documentos escritos, tarefa 3)

#### 4. Problema: saber o que permite a existência de vida na Terra

A atmosfera absorve radiações solares. Estas radiações absorvidas <sup>na parte de cima da atmosfera</sup> podem <sup>ser</sup> ~~podem~~ têm energia suficiente para dissociar grande parte das moléculas, mas não para as ionizar. No entanto, as radiações absorvidas na Termosfera e também na Mesosfera são mais energéticas, suficientes para formar iões. As <sup>1as</sup> energias de ionização são mais elevadas que as energias de dissociação. As radiações menos energéticas não têm energia suficiente para ionizar as moléculas.

(Documentos escritos, tarefa 4)

Nestes dois exemplos, foi evidente que os alunos conseguiram selecionar e resumir, da informação pesquisada, a necessária para responder à questão. No primeiro excerto, foram enumeradas as principais características da estratosfera, tendo sido feita referência à existência do ozônio estratosférico, ao aumento da temperatura com o aumento da altitude devido ao efeito térmico e ao efeito químico e às principais radiações que são absorvidas. No segundo exemplo, os alunos conseguiram, de forma sucinta, explicar por que razão a atmosfera terrestre funciona como um filtro solar, fazendo a distinção entre ionização e dissociação e referindo em que camada ocorre cada um dos fenómenos.

Também na entrevista em grupo focado um dos alunos referiu:

A1 – Sim, ao princípio sim, mas depois começámos a ficar mais organizadas e foi mais fácil selecionar e escrever as respostas.

(Entrevista, grupo 1)

Este excerto da entrevista mostra que à medida que os alunos foram realizando as tarefas sentiram cada vez menos dificuldade em selecionar a informação pois referiram: “foi mais fácil selecionar”. Um dos alunos mencionou que “depois começámos a ficar mais organizados” o que parece ter facilitado a seleção da informação.

Os alunos durante as entrevistas em grupo focado admitiram que sentiram dificuldade em resumir a informação selecionada. No entanto, também referiram que, com as tarefas propostas conseguiram superar esta dificuldade, tendo reconhecido que resumir informação foi uma das aprendizagens que realizaram:

A1 – Como tínhamos que escrever respostas gigantescas, acabava por conseguirmos sintetizá-las e dar respostas mais concretas àquilo que se pedia e sem ter palha.

A2 – Exato. Aprendemos a fazer resumos.

A3 – Acabámos por sintetizar a informação e organizar melhor as respostas.

(Entrevista, grupo 1)

Neste excerto, os alunos utilizam a expressão “conseguirmos sintetizá-las” para transmitir a ideia de que, apesar de algumas respostas às questões serem extensas, conseguiram resumir a informação selecionada, tendo registado apenas o essencial para “dar respostas mais concretas” às questões formuladas, ou seja, as respostas escritas continham apenas a informação considerada necessária para responder às diferentes questões “sem ter palha”. Durante a entrevista, os alunos referiram explicitamente que

aprenderam “a fazer resumos”, o que corrobora com o que já foi apresentado anteriormente com os registos das respostas escritas dos alunos e das notas de campo da professora. Assim, os alunos reconheceram ter sido capazes de resumir a informação pesquisada pelo que parece que os alunos desenvolveram, ao longo da realização das tarefas, a competência de resumir a informação.

### **Argumentar**

Outra competência que os alunos consideraram ter desenvolvido foi a capacidade de argumentação. Durante a realização das tarefas foi solicitado aos alunos que preparassem, apresentassem e defendessem argumentos, a favor de um determinado ponto de vista, em discussões de questões sociocientíficas controversas. Foram propostas duas questões deste tipo: uma na tarefa 1 sobre “Homem, responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?” e outra, na tarefa 6. Nesta tarefa, foi proposto que os alunos realizassem um jogo e papéis, onde foi reproduzida uma discussão sobre se o desenvolvimento científico é o responsável ou a solução da destruição do ozono estratosférico. Nas notas de campo da professora relativas à discussão da tarefa 1 foi referido

os alunos conseguiram encontrar e defender argumentos que justificam que quer o Homem quer a Natureza são responsáveis pela poluição atmosférica. Foi interessante verificar que os alunos compreendiam os argumentos utilizados por um determinado grupo e depois contra-argumentavam, tendo-se estabelecido uma discussão rica e interativa, em que a grande maioria dos alunos participou de forma ativa.

(Notas de campo, tarefa 1)

Também durante a entrevista os alunos corroboraram a opinião de que as tarefas realizadas permitiram desenvolver a competência da argumentação:

A2 – Também nos ajudou noutra tipo de competências. Por exemplo, nos debates tivemos...

A3 – ...que argumentar e discutir.

A2 – (...) Nós não costumamos fazer isso noutras disciplinas.

A1 – Sim, o que aconteceu no nosso grupo é que às vezes estávamos a argumentar sobre uma coisa que sabíamos que, para nós, não era assim tão verdade quanto isso, mas tínhamos que arranjar argumentos daquilo que estávamos a dizer.

A5 – Sim, naquela sobre o homem e a natureza. Nós tínhamos que saber o que estávamos a dizer.

A1 – Sim, nós sabíamos que era o homem e tivemos que dizer que a natureza era a responsável pela poluição. Tivemos que procurar e arranjar argumentos que provavam que a natureza era a principal responsável pela poluição. No final, acabámos por perceber que a natureza também é responsável...

A5 – Sim e conseguimos argumentar.

A2 – Nós aprendemos a argumentar e a procurar esses argumentos com coisas que podemos nem concordar.

(Entrevista, grupo 2)

Através deste excerto, os alunos reconheceram a importância da pesquisa na preparação dos argumentos a apresentar durante uma discussão, tendo mencionado “tivemos que procurar e arranjar argumentos”. Também admitiram que, durante o processo, realizaram várias aprendizagens, tendo desenvolvido diferentes competências em vários domínios, nomeadamente na argumentação, tendo realçado “nós aprendemos a argumentar”. Quando na entrevista os alunos disseram “nós tínhamos que saber o que estávamos a dizer”, estavam a referir-se ao facto de para a realização da discussão foi essencial terem compreendido primeiro a argumentação que iriam utilizar na discussão para depois conseguirem defender de forma mais eficaz o seu ponto de vista. Foi importante a preparação da discussão, pelo que se apresentam dois excertos dos documentos escritos com alguns dos argumentos preparados pelos grupos na discussão realizada na tarefa 1.



- É responsável pelo aquecimento global, através do ciclo da água ou do efeito de estufa.
  - o ciclo da água coloca na atmosfera, durante a evapotranspiração, vapor de água, um dos principais responsáveis pelo efeito de estufa.
- A atividade solar pode também influenciar o aumento da temperatura média da Terra, no entanto, não é uma consequência direta da emissão de poluentes para a atmosfera.
- A violência das erupções vulcânicas também possibilita que uma quantidade de  $\text{SO}_2$  atinja regiões mais elevadas da atmosfera, onde é transformado em  $\text{SO}_3$  e forma aerossóis de ácido sulfúrico. Estes podem decompor o ozono, diminuindo a sua concentração.
- A natureza lança cerca de 200 biliões de toneladas de  $\text{CO}_2$  na atmosfera por ano, quase 30 vezes mais que o ser humano.

(Documento escrito, tarefa 1)

Argumentos	
Homem	Natureza
<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Atividades humanas               <ul style="list-style-type: none"> <li>- queima de combustíveis fósseis</li> <li>- veículos motorizados</li> <li>- indústria</li> </ul> </li> </ul> <p>↓</p> <p>libertam grandes quantidades de gases q distroem a camada do ozono</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CFC's</li> </ul> <p>A Natureza encontra-se sempre em equilíbrio</p> <p>É impossível por a erupção de um vulcão, mas as actividades humanas não, logo, a culpa é do Homem.</p> <p>Como é que se explica que o efeito de estufa tenha aumentado c/ a revolução industrial?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Natureza lança 200 biliões de <math>\text{CO}_2</math> na atmosfera p' ano, 30 x + q os humanos</li> </ul> <hr/> <p>- Se o Homem ã existisse, haveria na mesma efeito de estufa (erupções vulcânicas)</p> <p>- As erupções vulcânicas muito violentas emitem quantidades de gases q mis vezes o Homem ã consegue.</p> <p>- Como é que explicam que o Sol tenha uma forte influência no nosso clima e que é um dos principais contribuintes do efeito de estufa?</p>

(Documento escrito, tarefa 1)

O primeiro excerto que se apresenta, mostra de forma clara que os alunos conseguiram construir argumentos que justificam que a Natureza é responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera. Estes argumentos foram utilizados durante a discussão realizada na tarefa 1. O segundo excerto mostra os alunos também fizeram o registo de alguns argumentos a utilizar durante a discussão mas tiveram o cuidado de preparar questões para colocar aos outros grupos: “como se explica que o efeito estufa tenha aumentado com a revolução industrial?” ou “como é que explicam que o Sol



tenha uma forte influência no nosso clima?”. Assim e, como foi referido, pela professora nas suas notas de campo, os alunos conseguiram desenvolver a competência de argumentar durante a realização das tarefas propostas.

### **Analisar gráficos, tabelas e imagens**

Os alunos também desenvolveram a competência de analisar gráficos, tabelas e imagens, embora não tenham feito qualquer referência a esta competência, nem nas reflexões realizadas no final cada tarefa nem nas entrevistas em grupo focado. No entanto, durante a pesquisa e seleção da informação realizada ao longo de todas as tarefas, foram vários os momentos da aula em que os alunos tiveram que explorar aquele tipo de recursos, como por exemplo a tabela fornecida na tarefa 4 com as diferentes camadas da atmosfera, tipo de radiação, energias envolvidas e espécies químicas formadas. Nas notas de campo relativas a esta tarefa, a professora referiu

os alunos para compreenderem a diferença entre dissociação e ionização tiveram que analisar os dados fornecidos na tabela e a partir desses dados perceber as principais diferenças entre os dois conceitos (...) Parece que os alunos conseguiram interpretar os dados da tabela pois durante a discussão em turma fizeram referência a esses dados.

(Notas da campo, tarefa 4)

Também pelos excertos dos documentos com as respostas escritas (já referidos anteriormente) e pelo registo áudio também já mencionado parece ser evidente que os alunos conseguiram desenvolver esta competência.

### **Competências do tipo social, atitudinal e axiológico**

A partir da análise dos resultados obtidos, apresentam-se as competências do tipo social, atitudinal e axiológico desenvolvidas pelos alunos.

Durante a entrevista em grupo focado, os alunos referiram que, durante a realização das tarefas, desenvolveram diferentes competências:

P – Para além terem aprendido os conceitos científicos desenvolveram mais algum tipo de competências?

A2 – Sim, o trabalho de grupo.

A1 – Gerir o tempo (...)

A4 – Estar com atenção e concentração.

A6 – A capacidade de concentração (...) O trabalho em equipa...

A2 – O dialogo...

A4 – A apresentação. Quando apresentámos as camadas da atmosfera e estávamos lá à frente a apresentar.

A1 – Perder a vergonha.

(Entrevista, grupo 3)

Neste excerto os alunos enumeraram um conjunto de competências como, por exemplo, trabalhar em grupo ou gerir o tempo disponível para a realização das tarefas que consideram ter desenvolvido com as tarefas que realizaram. É interessante referir que quer o trabalho em grupo quer a gestão do tempo foram referidos como dificuldades sentidas pelos alunos. Relativamente ao trabalho de grupo, os alunos no excerto apresentado consideram “o trabalho em equipa” como uma aprendizagem realizada o que vai ao encontro do que alguns alunos referiram nas entrevistas:

A4 – Deu para trabalhar mais a parte do grupo.

(Entrevista, grupo 1)

A2 – Agora, quando for para trabalhar em grupo, acaba por ser mais fácil...

A1 – ...pois já estamos mais habituadas.

A2 – Exato.

(Entrevista, grupo 1)

A6 – Foi preciso ouvir as opiniões de todos para chegar a uma ideia final.

(Entrevista, grupo 2)

Nos excertos apresentados, os alunos referiram-se ao facto de terem aprendido a trabalhar em grupo e a dialogar com os colegas, ouvindo e respeitando a opinião de cada um dos elementos do grupo para conseguirem chegar ao produto final. Relativamente à gestão do tempo, os alunos consideram que esta dificuldade foi sendo superada, pois sentiram que à medida que as tarefas iam sendo desenvolvidas conseguiam gerir melhor o seu tempo:

A1 – Não estávamos habituados a fazer e depois no início a *stora*, não leve a mal, estava com um pouco de pressa e nós não tínhamos tempo de raciocinar. Depois, nas últimas tarefas a *stora* alterou esse aspeto e deu mais tempo para fazer as coisas e as coisas começaram a funcionar melhor.

A2 – E conseguíamos fazer as coisas nos tempos certos. Era mais fácil e já estávamos a contar com aquilo.

(Entrevista, grupo 2)

Com a expressão “não tínhamos tempo de raciocinar”, os alunos fizeram referência, mais uma vez, à dificuldade que sentiram na gestão do tempo disponível para a realização das tarefas. No entanto, reconheceram que esta dificuldade foi diminuindo de tarefa para tarefa pois realçaram o facto de conseguirem “fazer as coisas nos tempos certos”. Os alunos, nestes excertos das entrevistas, referiram dois aspetos que explicam o facto de terem superado esta dificuldade: o primeiro relaciona-se com a experiência que foram adquirindo na realização deste tipo de tarefas traduzida na expressão “já estávamos a contar com aquilo” e o segundo com a disponibilização de mais tempo, por parte da professora, para a realização das tarefas, tendo os alunos referido relativamente a este aspeto “deu mais tempo para fazer as coisas”.

Nas notas de campo, relativas à tarefa 6, a professora mencionou que “os alunos parecem ter aprendido a gerir o tempo que têm para a resolução da tarefa. Hoje os diferentes grupos terminaram no tempo estipulado a preparação em grupo dos argumentos a apresentar no role-play”. Como se pode verificar, foi clara a evolução que os alunos realizaram relativamente à gestão do tempo. Assim, a dificuldade que os alunos manifestaram em gerir o tempo disponível para a resolução das tarefas parece ter sido mais evidente nas primeiras tarefas o que vai ao encontro do que foi referido pelos alunos na entrevista em grupo focado.

Para além das competências já mencionadas, os alunos referiram que, durante a realização das tarefas, tiveram a oportunidade de se tornarem mais autónomos e responsáveis. Foram vários os alunos que durante as entrevistas reconheceram que as tarefas os obrigavam “a aprender por nós próprios” ou “termos de procurar e descobrir a informação sozinhos”, o que evidencia o desenvolvimento da sua autonomia. Relativamente à responsabilidade os alunos mencionaram:

A3 – Nós tínhamos e éramos obrigados a ter atenção caso contrário não fazíamos nada e não tínhamos nada para apresentar na discussão.

(Entrevista, grupo 1)

Neste excerto, o aluno mostrou a preocupação que o grupo teve em resolver as questões para apresentarem aos colegas durante a discussão revelando responsabilidade e empenho. Também a criatividade foi desenvolvida por alguns alunos, embora estes não a reconheçam pois não fizeram qualquer referência nem nas entrevistas nem nas reflexões individuais realizadas no final de cada tarefa. Durante a realização da tarefa 3 foi pedido no “Vão Mais Além...” que os alunos escrevessem uma notícia sobre os efeitos da altitude para o Homem. As notícias apresentadas mostraram que alguns alunos se empenharam e foram criativos quer no tema que desenvolveram quer na apresentação da notícia como se mostra na Figura 5.1.

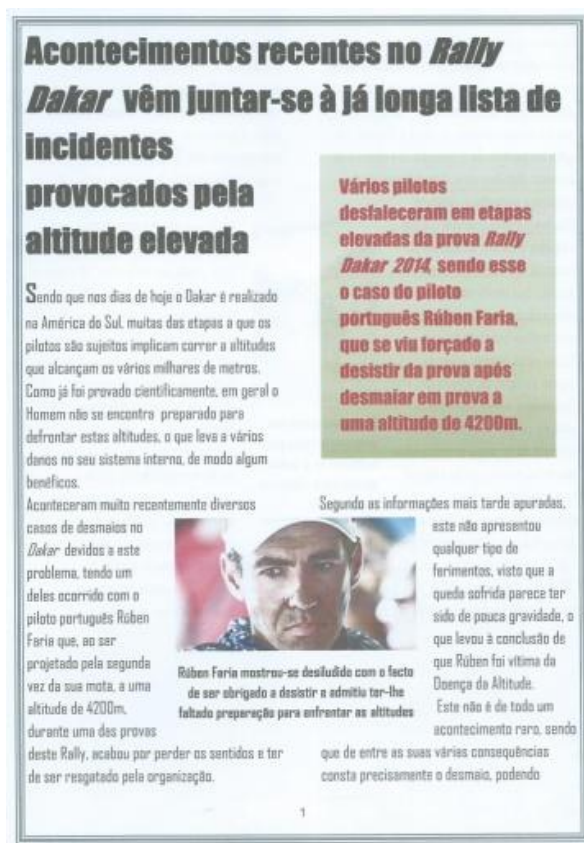


Figura 5.1. Notícias elaboradas pelos alunos.

Nestas notícias os alunos utilizaram o conhecimento científico a sua criatividade e sentido estético para elaborarem as notícias. As notícias constituem uma forma diferente de comunicar e divulgar o conhecimento científico.

## Estratégias

Durante a realização das tarefas uma das principais estratégias utilizadas pelos alunos foi a pesquisa e a seleção de informação. Esta estratégia foi utilizada ao longo das seis tarefas. A pesquisa foi realizada no manual, em textos e notícias fornecidos pela professora. As transcrições dos registos áudio das aulas mostraram que os alunos, desde a primeira tarefa, recorreram a esta estratégia:

A1 – Vamos ter que responder a estas questões. Qual é a primeira pergunta?

A3 – Sim. A primeira é: quais as transformações que a atmosfera sofreu ao longo do tempo?

A2 – Essa é a pergunta que temos que responder? Temos que ver: A1, qual é a página?

A1 – 152...

A3 – Não... Olha...

A1 – Sim, vê: 152. Está aqui.

A4 – Posso ver? Vou sublinhar a lápis. [Após algum tempo]

A1 – Já temos informação. Comecem a copiar isto aqui...

A3 – Não, temos que resumir isto aqui, o que está sublinhado. Não podes fazer frases gigantescas.

A2 – Primeiro escrevemos: que após a sua formação [da Terra] não tinha atmosfera e depois resumo isto [informação do livro].

A4 – Não tinha atmosfera e a sua superfície refletia parte da radiação solar.

(Registo áudio, grupo 2)

Neste excerto, é possível verificar que os alunos conseguiram identificar facilmente a página do manual que continha a informação necessária para responder à questão, tendo os alunos realizado um esforço por selecionar e resumir a informação pesquisada. Expressões como “já temos informação” ou “ não, temos que resumir isto aqui” evidencia que os alunos recorreram a estas estratégias para aprenderem e realizarem as tarefas. São vários os excertos dos registos áudio das aulas onde se mostra que os alunos recorreram à pesquisa como estratégia para a realização das tarefas. Por exemplo, na tarefa 5:

A3 – Qual é a pergunta?

A2 – Quais as consequências da destruição da camada de ozono?

A3 – As consequências... [Ouve-se o som dos alunos a passarem as folhas do manual].

A4 – Eu já estou a ver nas páginas 191 e 192.

A2 – Aqui já fala das outras perguntas que temos que responder.

A3 – Olha, está aqui: “Como será o futuro?”

A1 – A onde?

A3 – “Como será o futuro?”, 193. [Silêncio: os alunos fazem a leitura da informação disponibilizada no manual].

A4 – Eu acho que primeira [questão: haverá alguma forma do ozono estratosférico voltar às concentrações ideais para filtrar a radiação solar e se manter o seu equilíbrio dinâmico entra a formação e destruição?] eu acho que é possível porque aqui diz que à medida que eles estão a tentar encontrar soluções o buraco da camada de ozono está a diminuir.

A2 – Se continuarmos com as medidas para a redução dos CFC na atmosfera...

A4 – Sim. Aqui diz que são os CFC: esses gases demoram muito tempo a chegar à camada de ozono, muitos anos, e então ainda há reminiscências daquilo que fizemos em anos anteriores quando ainda de usavam os CFC.

A2 – Ah! Ok! Por isso é que ainda não aumentou [teor de ozono] quando as medidas foram tomadas. Aqui diz...

(Registo áudio, grupo 11)

Neste excerto do registo áudio, referente à realização da tarefa 5, é evidente que os alunos já se tinham organizado no sentido de cada um pesquisar a informação necessária às diferentes questões, tornando a pesquisa mais eficiente e rápida. É, no entanto, interessante verificar que à medida que vão recolhendo informação que consideram útil vão informando os restantes colegas, estabelecendo um diálogo no sentido de chegar a um consenso e à resposta pretendida. Por exemplo, o aluno A4 resumiu a informação que encontrou no manual referente à utilização dos CFC e referiu que “então ainda há reminiscências daquilo que fizemos em anos anteriores quando ainda de usavam os CFC”. De imediato, o aluno A2 completa a informação do colega, afirmando “aqui diz...”. De uma forma geral, os alunos mencionaram, durante as entrevistas, que a pesquisa e a seleção de informação foi uma das estratégias que utilizaram para a resolverem as tarefas e para aprenderem:

A6 – Com as notícias e com a informação que nos foi fornecida e também pelo livro conseguimos responder às questões e ajudou.

A4 – Nós antes, basicamente, só liamos do livro, e depois íamos copiar. Nós agora tínhamos que pensar e ler sobre as várias fontes de informação que tínhamos e depois pôr no papel.

(Entrevista, grupo 2)

Neste excerto os alunos admitiram que a pesquisa da informação permitiu que respondessem às questões formuladas nas tarefas, tendo dito “com a informação... conseguimos responder”. No entanto, os alunos também reconheceram que durante a pesquisa e seleção da informação mobilizaram uma série de competências que lhes possibilitou uma aprendizagem efetiva pois “agora tínhamos que pensar e ler” e “depois pôr no papel”.

O trabalho de grupo foi outra estratégia referida pelos alunos como sendo essencial para a realização das diferentes tarefas e superação das dificuldades que foram sentindo. Quando questionados sobre que estratégias utilizaram para realizar as tarefas os alunos responderam:

A1 – Podíamos discutir ideias entre nós. É mais fácil do que estar sozinhos ou a pares numa mesa e termos que ir perguntando à professora. É muito mais fácil quando podemos discutir com as pessoas que estão ao nosso lado. Acho que chegamos mais rápido...

(Entrevista, grupo 1)

A2 – (...) Nós discutíamos em grupo e tínhamos as cabeças todas a funcionar. Tínhamos sempre o livro aberto para dar um certo apoio para o caso de surgir alguma dúvida. Mas era mais ou menos por aí. Nós sabíamos todos qual era o seu papel no grupo: um escrevia, os outros ditavam ou formulavam as questões ou assim. Acho que era esta mais ou menos a estratégia que utilizámos. Não é propriamente uma estratégia muito elaborada...mas resultou.

(Entrevista, grupo 1)

Nestes excertos é possível inferir que os alunos consideraram o trabalho em grupo e as discussões que mantiveram com os colegas como um dos aspetos essenciais na sua estratégia de resolução das tarefas e aprendizagem. Apesar dos alunos terem identificado o trabalho de grupo como uma das dificuldades sentidas na realização das tarefas, também referiram ser uma forma eficiente de chegar ao conhecimento sendo por isso uma das estratégias a que recorreram. No primeiro excerto, o aluno utilizou as expressões “mais fácil” e “mais rápido” e, por isso o método mais eficiente de chegar ao conhecimento. Salienta a vantagem do trabalho de grupo em relação ao trabalho individual ou ao trabalho em pares com um colega. Também o facto de poderem discutir com os colegas do grupo é entendido como agente facilitador da aprendizagem.

O segundo excerto mostra que, à medida que as tarefas iam sendo desenvolvidas, os alunos organizaram-se nos grupo de trabalho, distribuindo diferentes funções, no sentido de conseguirem, de forma mais eficiente, dar resposta aos problemas colocados. Este facto é evidenciado pelo aluno quando refere “nós sabíamos todos qual era o nosso papel no grupo”. O aluno reconhece ainda como estratégia utilizada a discussão entre os elementos do grupo e o facto de “as cabeças estarem todas a funcionar” numa alusão clara que todos os elementos do grupo colaboraram para o desenvolvimento do trabalho de grupo e para a realização da tarefa. A distribuição das diferentes funções dentro do grupo foi corroborada pelos registos áudio das aulas:

A2 – Quais são os argumentos?

A3 – Queres escrever tu?

A2 – Não, não...

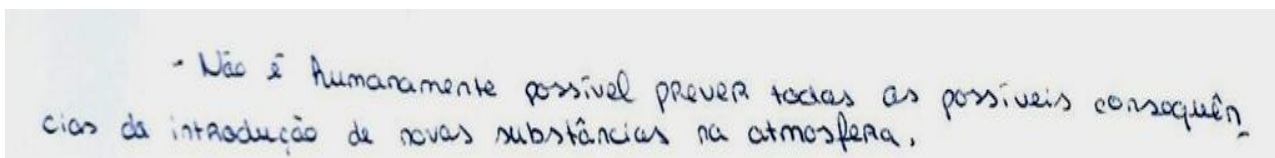
A1 – Escreve lá.

A2 – Está bem! Mas vão ditar tudo o querem que eu escreva. Se eu vou escrever vocês ditam. [Depois de discutirem os diferentes argumentos]

A1 – Vá. [um colega começa a ditar para A2 escrever]: Não é humanamente possível prever...

(Registo áudio, grupo 16)

No excerto do registo áudio, os alunos distribuíram as funções que cada elemento do grupo desempenhou: um dos alunos ficou responsável por fazer o registo escrito dos argumentos ditados pelos colegas, tendo dito “Se eu vou escrever vocês ditam”. No documento escrito referente ao registo áudio pode constatar-se que o aluno A2 escreveu o argumento ditado pelo colega.



(Documento escrito, tarefa 6)

A organização interna do grupo com a definição das funções de cada elemento parece ter sido uma estratégia utilizada pela maioria dos grupos de trabalho para a realização das tarefas. Quando questionados sobre as estratégias utilizadas, os alunos responderam:

A4 – ... acho que foi também o hábito. Acho que foi muito o hábito: nós sabíamos que íamos trabalhar em grupo e sabíamos que era para fazer isto, e aquilo e aquilo... é para despachar... é para despachar...



A2 – Distribuíamos tarefas para cada uma, para ser mais fácil: cada uma tinha que fazer uma coisa. No fim, já nem era preciso dizer nada era só começar...

(Entrevista, grupo 1)

A3 – Eu acho que as dificuldades foram diminuindo porque no início não estávamos habituados a trabalhar assim. Depois o grupo também já estava organizado e já compreendíamos melhor as questões e o que era para fazer.

(Entrevista, grupo 2)

A2 – À medida que as tarefas iam sendo feitas, íamos treinando e conseguimos compreender melhor o que a professora queria.

A4 – Eu acho que foram diminuindo pois como não estávamos habituados foi mais difícil no início. No fim, como o grupo estava mais organizado e já percebíamos melhor o que era pedido foi mais fácil.

(Entrevista, grupo 3)

A4 – Foi sendo cada vez mais fácil.

A3 – Foi mais fácil porque já estávamos habituados.

A1 – Tínhamos maior ritmo e já sabíamos melhor as coisas.

(Entrevista, grupo 4)

É curioso verificar que, em todas as entrevistas realizadas, foi mencionado o hábito como uma das principais razões para que as dificuldades sentidas durante a realização das seis tarefas fossem diminuindo. No primeiro grupo, um dos alunos disse “acho que foi muito o hábito”; no segundo grupo foi mencionado que “no início não estávamos habituados a trabalhar assim”; o terceiro grupo referiu que “íamos treinando” ou “como não estávamos habituados foi mais difícil no início”; já no último grupo o aluno A3 disse “foi mais fácil porque já estávamos habituados”. Os alunos, nas últimas tarefas já estavam organizados dentro dos grupos de trabalho. Um dos alunos faz referência a esta organização afirmando “No fim, já nem era preciso dizer nada era só começar”. A expressão “no fim” significa que, na realização das últimas tarefas, o grupo estava de tal forma organizado que os alunos não necessitavam de distribuir funções pelos diferentes elementos pois já sabiam o que tinham que fazer e, por esta razão, “era só começar”.

Os alunos utilizaram a palavra hábito para justificar a utilização das mesmas estratégias ao longo das seis tarefas. Isto significa que os alunos consideram que as estratégias utilizadas foram eficientes pois repetiram-nas, sendo que as dificuldades sentidas pelos alunos foram sendo cada vez menores. Através destes excertos é também possível inferir que os alunos, de início não se sentiam confortáveis com este tipo de tarefas.

### **Avaliação dos alunos às tarefas que promovem uma abordagem CTSA**

Nesta secção vão analisar-se os resultados referentes à avaliação que os alunos fizeram das tarefas que realizaram e que promoverem uma abordagem CTSA. Esta análise tem como objetivo dar resposta à terceira questão orientadora deste trabalho. Os dados foram depois de recolhidos e analisados, organizados em duas categorias: relações CTSA e gosto pelas tarefas.

### **Relações CTSA**

Durante a realização das tarefas os alunos trabalharam os diferentes conceitos científicos, recorrendo uma abordagem CTSA. As temáticas abordadas estavam diretamente relacionadas com o seu quotidiano e com questões sociocientíficas controversas. Os alunos analisaram várias notícias e textos e foram promovidas discussões onde se estabeleceram relações claras entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Nas entrevistas em grupo focado os alunos fizeram referência a estas relações e reconheceram a sua importância:

A2 – Nós falámos um bocadinho de tudo. Fizemos um role-play com vários pontos de vista da sociedade. No fundo o que interessa mais é a parte ambiental. Mas acabamos por ver vários pontos de vista e dá para ter uma noção mais geral.

A7 – ... de toda a gente.

A3 – Sim, podemos ver como o ambiente pode influenciar a tecnologia e como a sociedade pode influenciar a tecnologia.

(Entrevista, grupo 1)

A3 – E há coisas que são boas para nós sabermos enquanto pessoas acerca do que se passa realmente com o planeta e, portanto, não é só bom para o desenvolvimento do percurso escolar mas também para a vida como pessoas.

A2 – E depois para mudar algumas atitudes, mesmo em casa, em relação ao ambiente.

A1 – Estamos mais conscientes.

A5 – (...) tudo o que aprendemos nas aulas tem a ver com o nosso dia-a-dia.

(Entrevista, grupo 2)

A6 – E é um tema muito atual... Por exemplo, o buraco da camada de ozono não é algo do passado. Esta a acontecer e nós percebemos como.

A1 – Sim, é conhecimento geral, para fora da escola para ser um cidadão exemplar e responsável.

(Entrevista, grupo 4)

Em todas as entrevistas em grupo focado, os alunos mencionaram que nas tarefas realizadas foram trabalhados temas atuais e com relevância para o seu dia-a-dia. No segundo excerto apresentado, os alunos referiram que após a realização das tarefas ficaram mais conscientes sobre o “que se passa realmente com o planeta” e afirmaram o propósito de alterar algumas atitudes para se tornarem num “cidadão exemplar e responsável”. É interessante verificar que os alunos, de uma forma geral, conseguiram estabelecer a relação que existe entre o desenvolvimento tecnológico e científico e a sociedade e o ambiente. Nas entrevistas este aspeto foi mencionado como referiu o aluno A3 no excerto da primeira entrevista. Parece que os alunos consideraram ser vantajoso este tipo de abordagem (CTSA), pois permitiu-lhes ter uma visão mais global dos diferentes temas trabalhados como se mostra no excerto da entrevista que se segue:

A4 - Conseguimos ter uma perceção melhor daquilo que nos rodeia.

A7 – Em relação ao ambiente, à sociedade e à tecnologia. Em relação a tudo...

(Entrevista, grupo 1)

O aluno afirma ter uma “perceção melhor” em “relação a tudo” o que se passa em seu redor, numa alusão clara aos temas abordados em aula e que, na sua opinião se relacionam com a ambiente, a sociedade e a tecnologia.

## **Gosto pelas tarefas**

Os alunos referiram, nas entrevistas, terem gostado das aulas e enumeraram os principais motivos por que as consideram interessantes e motivadoras:

P – A primeira questão é se gostaram das aulas? Se sim, porquê? Se não, por que razão?

A2 – Sim.

A3 – Eu gostei.

A5 – Eram mais dinâmicas, por isso, sim.

A1 – Eram mais descontraídas...

A4 – Sim, mais descontraídas, não eram tão teóricas. Esta matéria é só teórica, então era mais fácil de trabalhar assim, sem ser só teoria e sem termos que decorar.

(Entrevista, grupo 2)

P – Mas por que razões gostaram das aulas?

A2 – Porque eram em grupo.

A5 – As discussões. São aulas mais divertidas e dinâmicas.

A6 – As discussões e os debates...

A1 – Sim os debates.

A2 – Eram aulas diferentes. Podíamos pensar em grupo e chegar a uma conclusão todos juntos.

A6 – Os debates eram ricos.

A3 – Os debates era a parte mais gira.

A4 – São aulas diferentes. Deu para desanuviar um bocado a parte da pressão da escola. E deu para aprender. (...)

A2 – Aqui aprendíamos melhor do que se fosse a professora lá à frente a falar.

A1 – Sim, aprendemos mais.

A3 – São aulas mais dinâmicas e interessantes.

A4 – São mais interativas e mantêm-nos mais concentrados e dá para interagir melhor com o nossos colegas.

A1 – Com este tipo de tarefas pesquisámos mais e refletimos mais sobre as coisas. E ao ouvir a opinião das outras pessoas podemos confrontar com a nossa e aprender mais.

(Entrevista, grupo 3)

Os alunos mencionaram o trabalho de grupo, a interação dentro dos grupos de trabalho e entre os diferentes grupos (discussões) como sendo as principais razões para terem gostado de realizar as tarefas propostas. Os alunos ao afirmarem: “aqui aprendíamos melhor do que se fosse a professora lá à frente a falar” fizeram uma distinção clara entre uma aula de cariz mais tradicional, expositiva e mais centrada no

professor de outras aulas, mais centradas nos alunos e nas quais têm um papel mais ativo na construção do conhecimento. Os alunos foram da opinião que ao pesquisarem e selecionarem a informação e ao discutirem entre si os diferentes pontos de vista, as aulas foram, por um lado, mais dinâmicas e interessantes e, por outro, mais vantajosas pois foram facilitadoras da sua aprendizagem. As expressões “eram aulas diferentes” ou “são mais interativas e mantêm-nos mais concentrados” são reveladoras de que os alunos estavam motivados para a aprendizagem e curiosos.

Nas entrevistas em grupo focado e nas reflexões que os alunos fizeram das tarefas, a grande maioria foi da opinião de que as tarefas 1 e 6 foram as que mais gostaram.

P – Quem é que de vós não gostou das aulas e por que razão?

A6 – Gostámos! Qual foi o último trabalho de discussão que nós fizemos?

A4 – Foi o role-play.

A6 – Eu gostei desse.

A4, A3, A7 – Eu também.

A4 – Gostámos muito do role-play. Toda a gente aprendeu muito com o trabalho pois podemos discutir ideias e ouvir as opiniões dos colegas.

P – E das tarefas desenvolvidas nas aulas, qual ou quais mais gostaram? Porquê?

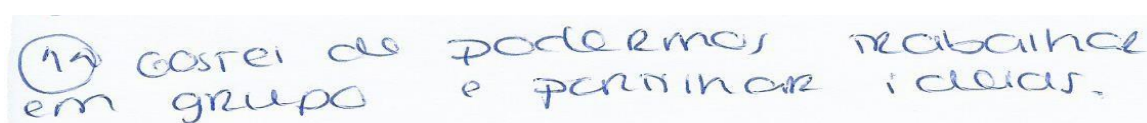
A1 – A do role-play e daquelas das discussões.

A3 – A do role-play [tarefa seis] e daquela da discussão sobre a origem dos poluentes: se o homem ou a natureza [tarefa um],

A7 – Gostei das aulas com discussões.

(Entrevista, grupo 1)

É curioso verificar que os alunos consideram o trabalho colaborativo como momentos da aula, que ao permitirem a discussão e a interação entre os colegas, proporcionam aprendizagens, efetivas para além de permitir mobilizar competências do tipo social, atitudinal e axiológicas pois podem “discutir e ouvir as opiniões dos colegas”. Nas reflexões realizadas pelos alunos, no final de cada tarefa, foi referido o gosto pela realização do trabalho de grupo, a interação entre os colegas e as discussões, como sendo o que mais gostaram de fazer, o que confirma o que disseram nas entrevistas:



14 Gostei de podermos trabalhar em grupo e partilhar ideias.

(Documento escrito, tarefa 4)

11. Gostámos mais do trabalho em grupo e do role-play.

(Documento escrito, tarefa 6)

Durante as entrevistas, alguns alunos, mencionaram ter gostado de fazer as apresentações das respostas aos restantes elementos da turma. No entanto, esta opinião não foi unanime, como se mostra nos excertos das reflexões que se apresentam:

9. Gostei da apresentação das camadas e das suas características, onde a turma interagiu e participou.

(Documento escrito, tarefa 3)

9- Gostei de ver as apresentações, não gostei de a fazer.

(Documento escrito, tarefa 3)

Durante a entrevista, a opinião dos alunos também não foi unanime relativamente às apresentações:

A7 – Eu não gostei de ir lá para a frente, fazer a apresentação das camadas.

A2 – Eu gostei dessa tarefa das camadas. E gostei de apresentar aos colegas da turma.

(Entrevista, grupo 3)

A3 – Eu gostei dessa [tarefa três] porque fomos fazer a apresentação aos colegas.

(Entrevista, grupo 4)

Foi interessante verificar que, quando questionados acerca das tarefas que não gostaram de realizar os alunos, responderam a dificuldade da tarefa que desenvolveram como um dos principais motivos para não terem gostado de a realizar.

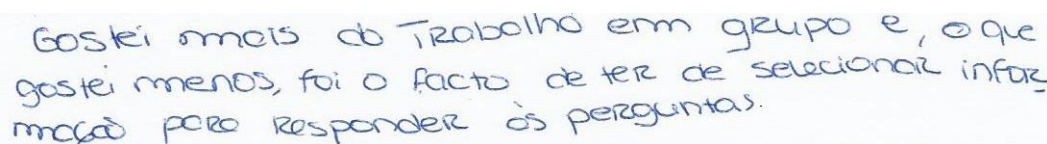
A3 – Eu não gostei da tarefa “dois mundos tão distantes”.

P – Por que razão?

A3 – Era difícil de compreender... e nós respondemos e os termos utilizados são um bocado confusos.

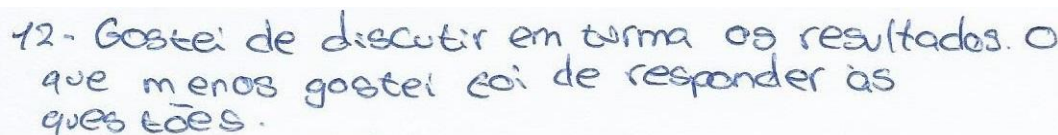
(Entrevista, grupo 3)

De uma forma geral, os alunos disseram não ter gostado de seleccionar e resumir a informação, nem de ter feito o registo escrito das respostas (aspetos que consideraram ter sido mais difíceis na realização das tarefas):



Gostei mais do Trabalho em grupo e, o que gostei menos, foi o facto de ter de seleccionar informação para responder às perguntas.

(Documentos escritos, tarefa 4)



12. Gostei de discutir em turma os resultados. O que menos gostei foi de responder às questões.

(Documentos escritos, tarefa 5)

Também durante as entrevistas os alunos referiram a escrita da notícia, a seleção de informação e o registo das respostas escritas como os aspetos que menos gostaram:

P – Das tarefas desenvolvidas qual foi a que menos gostaram? Porquê?

A4 – (...) A que tivemos de escrever a notícia.

P – A tarefa “caraterísticas do forro atmosférico”.

A4, A5 – Sim a que tivemos de escrever a notícia...

A4 – Eu, essa, não gostei muito...

A5 – Eu não gostei porque tivemos de escrever mais matéria e analisar mais textos. Por exemplo aquelas da atmosfera...

A2 – Sim, eu não gostei daquelas em que tivemos que escrever mais... de descrever as camadas da atmosfera.

A3 – Eu também, foi a que menos gostei: a que tivemos de escrever respostas mais extensas.

A1, A7 – Sim...

(Entrevista, grupo 1)

A3 – Eu não gostei daquela que tivemos de escrever a notícia. Foi difícil...

(Entrevista, grupo 3)

No entanto, alguns alunos admitiram terem gostado de tudo o que desenvolveram nas aulas. Nas reflexões escritas são vários os alunos que admitiram ter gostado de realizar tudo na tarefa como se mostra neste excerto:

9. O que mais gostamos foi <sup>de</sup> trabalhar em grupo e não  
have nada de que não gostasse.

( Documento escrito, tarefa 3)

Também na entrevista este facto foi referido:

A4 – Das outras tarefas, não houve assim nenhuma tão má que não tenhamos gostado.

A1 – Sim, das outras, não é que tenhamos desgostado, não gostamos foi tanto como as que tiveram debates.

(Entrevista, grupo 2)

Como se pode constatar os alunos, de uma forma geral, gostaram de realizar as tarefas propostas tendo tido especial interesse e gosto pelas tarefas que proporcionaram discussões coletivas mais participativas.

### Síntese

Neste capítulo apresentaram-se os resultados decorrentes da análise dos dados recolhidos para dar resposta às questões orientadoras deste trabalho e que se relacionam com as dificuldades sentidas pelos alunos na realização das tarefas com abordagem CTSA, as aprendizagens efetuadas pelos alunos, o modo como superaram as suas dificuldades e a avaliação que os alunos fizeram as tarefas desenvolvidas.

Relativamente à primeira questão os alunos sentiram dificuldades em interpretar questões, utilizar a linguagem científica, seleccionar e resumir informação, trabalhar em grupo, gerir o tempo e refletir sobre o trabalho desenvolvido. Quanto à segunda questão, os alunos desenvolveram um conjunto de competências de diferentes tipos: tipo concetual, tipo processual e tipo social, atitudinal e axiológico, tendo recorrido a várias estratégias (pesquisa de informação, trabalho de grupo e hábito) para superarem as suas dificuldades e aprenderem. No que se refere à avaliação das tarefas, os alunos gostaram de as realizar, consideram que foram interessantes e que promoveram uma abordagem CTSA. Admitiram ainda que com as estratégias de ensino utilizadas, a sua aprendizagem foi mais efetiva pois tinham um papel mais ativo na sala de aula.



# CAPÍTULO 6

---

## DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL

Este trabalho teve como finalidade conhecer de que forma uma abordagem CTSA no ensino da unidade “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura” do programa da disciplina de Física e Química A promove o desenvolvimento de competências dos alunos do 10.º ano de escolaridade. Pretendeu-se com as questões orientadoras do trabalho identificar as principais dificuldades sentidas pelos alunos no desenvolvimento de tarefas de investigação e de *role-play* que promovem uma abordagem CTSA, as aprendizagens por eles realizadas, as estratégias que utilizaram para aprenderem e a avaliação que fizeram das tarefas.

Para concretizar esta finalidade recorreu-se a uma investigação qualitativa. A recolha de dados efetuou-se através de documentos escritos com as respostas dos alunos, notas de campo da professora, registos áudio das aulas e entrevistas em grupo focado. Da análise dos dados recolhidos, emergiram várias categorias e subcategorias de análise que facilitaram a organização dos dados e permitiram dar respostas às questões orientadoras. Este capítulo está organizado em três partes: a discussão dos resultados obtidos, a conclusão e a reflexão final.

### Discussão dos resultados

Com a primeira questão orientadora pretendeu-se conhecer que dificuldades sentiram os alunos durante a realização de tarefas que promoveram uma abordagem CTSA. Da análise dos dados recolhidos foi possível verificar que os alunos revelaram dificuldades no desenvolvimento de competências do tipo concetual, processual e ainda no desenvolvimento de competências do tipo social, atitudinal e axiológico.

Relativamente às competências do tipo concetual, os resultados mostraram que essas dificuldades incidiram principalmente na interpretação das questões propostas nas tarefas e no uso da linguagem científica. A dificuldade em interpretar questões está relacionada com o facto de os alunos não estarem familiarizados com este tipo de tarefas.

Estes resultados estão em sintonia com Fontes e Silva (2004) que apresentam a mesma razão para justificarem a dificuldade sentida pelos alunos na interpretação das questões. Quanto à dificuldade revelada pelos alunos na utilização da linguagem científica, Wellington e Osborne (2001) defendem que aprender ciência implica aprender uma nova linguagem que envolve novos conceitos e significados. É ainda essencial conhecer a linguagem simbólica específica muitas vezes desconhecida dos alunos. É, por isso, importante que os alunos tenham oportunidade de desenvolver a linguagem científica em contexto de sala de aula e fora dela, o que pode ser desenvolvido através de tarefas que promovam uma abordagem CTSA. Tal como é referido em Fontes e Silva (2004), esta abordagem do ensino das ciências potencia a discussão de temas socio científicos controversos, permitindo a promoção da curiosidade e do interesse dos alunos pela ciência e proporcionando o desenvolvimento da linguagem científica.

Quanto às competências do tipo processual, os alunos sentiram dificuldade em seleccionar e resumir informação e em delinear planos de ação para resolução de um problema específico. Relativamente à seleção de informação, os alunos não tiveram acesso à *Internet* pelo que a pesquisa esteve limitada ao manual e a alguns documentos escritos fornecidos pela professora. Os alunos mostraram não estarem familiarizados com a leitura de textos, razão atribuída à dificuldade em seleccionar informação. Este resultado é corroborado por um estudo desenvolvido por Cunha (2009) que atribuí esta dificuldade ao facto de os alunos apresentarem alguma resistência à leitura dos documentos consultados e à sua interpretação.

Os alunos também manifestaram dificuldade em resumir a informação pesquisada, nomeadamente nas tarefas em que foi necessário apresentar respostas mais desenvolvidas. No estudo realizado por Matoso (2011), esta também foi uma das dificuldades identificadas: “os alunos depararam-se com dificuldade na síntese de informação recolhida” (p. 82). Esta dificuldade está, mais uma vez relacionada, com o facto de os alunos não terem facilidade em analisar a informação seleccionada, pois, de acordo com a mesma autora, os alunos tinham que “comunicar o conhecimento resultante da interpretação da informação recolhida” (p. 82). No Projeto Educação para o Empreendedorismo, da Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (2007) preconiza-se que os alunos devem optar por desenvolver estratégias de ensino que privilegiem a pesquisa, a seleção e a síntese de informação. As tarefas de investigação, nomeadamente as que promovem uma abordagem CTSA, permitem que os alunos

desenvolvam aquelas competências como é referido no NRC (2000) e por Baptista et al. (2013).

Outra dificuldade manifestada pelos alunos, durante o desenvolvimento das tarefas, foi a delineação de um plano de ação para dar resposta a um problema concreto. Esta dificuldade foi sentida principalmente na realização da primeira tarefa. Mais uma vez, verificou-se que os alunos não estavam familiarizados com esta forma de trabalhar o que explica a dificuldade por eles manifestada. O Projeto Educação para o Empreendedorismo (2007) propõe que os alunos planeiem o seu trabalho e executem “esse plano para atingir os seus objetivos” (p. 17) pois, assim, poderão ter um papel ativo na sua aprendizagem, potenciando o desenvolvimento da autonomia e o gosto por aprender. Devem ainda avaliar e discutir “sobre o sucesso na implementação do seu plano de trabalho e seus principais resultados” (p. 18). Com a realização de tarefas de investigação com uma abordagem CTSA, os alunos, tal como referem Martins e Veiga (1999) têm oportunidade de “desenvolver não só conhecimento conceptual, mas também conhecimento processual e competências que, muitas vezes, os cidadãos têm de mobilizar quando enfrentam problemas no seu quotidiano (selecionar, prever, recolher informação, planear, formular hipóteses, controlar variáveis,...)” (p. 15).

Quanto às competências do tipo social, atitudinal e axiológico, os alunos referiram ter sentido algumas dificuldades em trabalhar em grupo, em gerir o tempo disponível para cada tarefa e em refletir sobre o trabalho realizado. Relativamente ao trabalho em grupo, as dificuldades manifestadas estão relacionadas principalmente com a organização do grupo e com o facto de alguns alunos terem revelado dificuldade, por um lado, em colaborar com os restantes elementos do grupo e, por outro, terem surgido conversas sobre assuntos não relacionados com o tema da aula. Estes são também algumas das razões apontadas por Matoso (2011) e que justificam a dificuldade dos alunos em trabalhar em grupo.

A gestão do tempo foi, considerada, pelos alunos, como outra das dificuldades sentidas na realização das tarefas. Esta dificuldade foi apenas mencionada por alguns alunos, e durante a realização das primeiras tarefas. A gestão do tempo depende não só do ritmo de trabalho dos alunos, mas também da familiarização que estes têm com o tipo de tarefas. Assim, para a mesma tarefa, verificou-se que alguns grupos conseguiram concluí-la no tempo previsto. Outros, no entanto, necessitaram de mais tempo para a realizarem.

Esta dificuldade foi referida por Matoso (2011) que atribuí a pouca autonomia dos alunos como a principal razão para justificar a dificuldade identificada.

A reflexão sobre o trabalho realizado foi uma das dificuldades que emergiu da análise dos dados recolhidos. No entanto, a reflexão é referida por Fonseca et al. (1999) como “um elemento indispensável numa aula de investigação” (p. 9). Estes autores salientam que a aprendizagem não é só a realização da tarefa, mas também a reflexão das aprendizagens efetuadas, das dificuldades sentidas e do trabalho desenvolvido. Assim, foi importante que os alunos realizassem a reflexão pois possibilitou “valorizar os processos de resolução em relação aos produtos” (Fonseca et al., 1999, p. 9).

A segunda questão orientadora deste estudo, está relacionada com as aprendizagens efetuadas pelos alunos durante a realização das tarefas e as estratégias que utilizaram para aprenderem. Verificou-se que, apesar das dificuldades manifestadas pelos alunos, estas foram diminuindo à medida que as tarefas foram sendo realizadas. Da análise dos dados recolhidos pode verificar-se que os alunos desenvolveram um conjunto de competências do tipo concetual, do tipo processual e do tipo social, atitudinal e axiológico, recomendadas no programa da disciplina de Física e Química A (Martins et al., 2001). Os alunos admitiram que, depois de realizarem as tarefas, conseguiam mais facilmente conhecer e relacionar os conceitos científicos, explicar alguns fenómenos naturais com base no conhecimento científico, conhecer o impacto deste na sociedade, selecionar, analisar e ser crítico relativamente à informação pesquisada sobre um tema específico, trabalhar em grupo, gerir de forma mais eficaz o tempo disponível, comunicar ideias, ter espírito crítico e posições fundamentadas em a questões sociocientíficas controversas. Assim, as estratégias utilizadas neste estudo para o ensino das ciências, parecem ter promovido a literacia científica dos alunos, como referem Galvão et al. (2006), proporcionando-lhes momentos de discussão de temas atuais com implicações sociais (Fontes & Silva, 2004), o desenvolvimento do seu espírito crítico e a exploração das relações entre a Ciência e a Tecnologia e as “suas implicações na Sociedade” (Martins et al., 2001, p. 5).

No que se refere ao trabalho em grupo, os alunos disseram explicitamente que aprenderam a trabalhar em grupo. De acordo com Boavida e Ponte (1999), o trabalho colaborativo envolve não só uma “aprendizagem relativamente ao problema em questão” mas “também uma autoaprendizagem e uma aprendizagem acerca das relações humanas” (p. 8). Ainda no que concerne às competências do tipo social, atitudinal e axiológico, os

alunos desenvolveram a sua autonomia, responsabilidade e criatividade. Estas foram algumas das competências consideradas chave para a educação no ensino secundário pelo Projeto Educação para o Empreendedorismo (2007). Também Fontes e Silva (2004) consideram que o ensino das ciências, recorrendo a uma abordagem CTSA, promove, entre outros, a curiosidade dos alunos, a autonomia e a responsabilidade.

Os alunos utilizaram a pesquisa e a seleção de informação como estratégias para aprenderem. Estas estratégias foram utilizadas de forma recorrente ao longo da realização das seis tarefas. Também o trabalho de grupo e as discussões que mantiveram como os colegas do grupo de trabalho e na turma foram referidas como tendo sido fundamentais para a superação das dificuldades sentidas, na realização das tarefas e para a aprendizagem. Estas estratégias vão ao encontro do que é recomendado por Martins et al. (2001) no programa da disciplina de Física e Química A. Além disso, estes resultados encontram-se em sintonia com o estudo levado a cabo por Veiga (2012).

A última questão orientadora do trabalho, está relacionada com a avaliação que os alunos fizeram das tarefas realizadas. Os alunos reconheceram a importância da relação da ciência e da tecnologia com a sociedade e o ambiente e referiram que a realização das tarefas com uma abordagem CTSA, permitiu o desenvolvimento de temas atuais e relacionados com o seu quotidiano. Alguns alunos, depois da realização das tarefas, afirmaram ter o propósito de alterar algumas atitudes no sentido de promover a “proteção pessoal e do ambiente” (Martins et al., 2001, p. 8). Os resultados evidenciam ainda que os alunos gostaram de realizar as tarefas propostas, mostrando especial interesse pelos momentos das aulas em que ocorreram discussões coletivas. Referiram ter realizado uma aprendizagem efetiva com a pesquisa e seleção de informação e durante o trabalho de grupo e as discussões realizadas quer, em pequeno grupo quer em turma. Estes resultados estão em sintonia com um estudo realizado por Baptista et al. (2012).

### **Conclusão**

Através da análise dos resultados recolhidos durante a realização da proposta didática foi possível concluir que os alunos desenvolveram um conjunto de competências, em diferentes domínios, recomendadas no programa da disciplina de Física e Química A do Ensino Secundário. O desenvolvimento das tarefas de investigação e de *role-play* com uma abordagem CTSA permitiu aos alunos identificar problemas, formular questões e

hipóteses, delinear planos de ação, pesquisar e selecionar informação em diferentes fontes, dar respostas a problemas concretos, comunicar resultados e desenvolver o pensamento crítico, recorrendo sempre a temas que os alunos, durante a entrevista em grupo focado, classificaram de “pertinentes”, “atuais” e “interessantes”.

As tarefas realizadas vão ao encontro do que é referido no Projeto Educação para o Empreendedorismo, da Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular (2007). Neste documento preconiza-se que o aluno deve “adotar uma metodologia de investigação” pelo que deve “saber obter a informação (...) pertinente, selecionar e analisar essa informação” (p. 17). Deve ainda planear o seu trabalho e desenvolver estratégias que lhe permitam atingir os objetivos. É, assim, necessário promover estratégias de ensino, como a realização de tarefas de investigação e de *role-play* com uma abordagem CTSA, que possibilitem aos alunos o desenvolvimento daquelas competências. Também no mesmo documento se refere que “o aluno deverá ser capaz de mobilizar saberes culturais e tecnológicos para compreender a realidade e para abordar situações e problemas do quotidiano” (p. 22), o que foi proporcionado pela abordagem CTSA realizada.

No início da intervenção foi evidente que os alunos estavam pouco familiarizados com este tipo de estratégias, o que se traduziu num conjunto de dificuldades, como por exemplo, interpretar questões, trabalhar em grupo ou gerir o tempo disponível para a realização das tarefas. No entanto, estas dificuldades foram sendo superadas e os alunos reconheceram que ao realizarem este tipo de tarefas, desempenharam um papel mais ativo em sala de aula o que foi facilitador da sua aprendizagem.

Na avaliação que realizaram das tarefas os alunos referiram “aprendemos mais do que com uma aula em que fosse o professor só a dar a matéria. Aqui obrigava a aprender por nós próprios” ou “conseguimos estar mais atentos e de certa forma estas aulas são mais interessantes e produtivas”. Foram também da opinião que os temas abordados estão relacionados com o “ambiente e com o planeta” e “é algo que nós aplicamos dia-a-dia”. Assim, os alunos consideraram que a realização de tarefas de investigação e de *role-play* com uma abordagem CTSA foram estratégias diferentes das tradicionais, que os envolveu e motivou, permitindo que realizassem diferentes tipos de aprendizagens que poderão mobilizar noutros contextos e em situações do quotidiano.

## Reflexão final

Desde o início deste Mestrado, que os temas desenvolvidos nas diferentes Unidades Curriculares e, de forma especial, a realização da intervenção com o desenvolvimento da proposta didática e a elaboração deste relatório se traduziram em vários momentos que me desafiaram enquanto aluna. Foram algumas as dificuldades que senti, particularmente na conceção e no desenvolvimento das tarefas de investigação e de *role-play* com uma abordagem CTSA. No entanto, quer os desafios quer as dificuldades contribuíram para o meu crescimento, enquanto professora e traduziram-se em satisfação quando constatei que os alunos realizaram uma aprendizagem efetiva durante a realização das tarefas propostas.

Após a frequência deste Mestrado, a minha visão o ensino alterou-se. O meu papel enquanto professora não se pode limitar à transmissão de conhecimento. É importante envolver os alunos na aprendizagem, e desenvolver neles o gosto por aprender. Passei a considerar essencial desenvolver estratégias didáticas diferenciadas em sala de aula, que abordem temas do interesse dos alunos e relacionados com a sua vivência. É fundamental possuir não só o conhecimento científico, mas também ser criativa, empreendedora e ter uma atitude de procura constante no sentido de envolver os alunos e promover o seu gosto na procura do conhecimento.

O meu papel enquanto professora será o de criar ambientes que favorecem a realização de boas práticas pedagógicas e que permitam aos alunos desafiarem as suas suposições, explorarem e construírem o seu conhecimento. Devo mediar, facilitar e orientar a construção do conhecimento dos alunos, para que este seja realizado de forma integradora e progressiva. Durante todo o Mestrado e, de forma particular, durante a realização da intervenção penso ter desenvolvido uma série de competências que me permitem, no futuro, conceber, planificar, desenvolver e avaliar estratégias educativas variadas e com as quais não estava familiarizada, tal como, as tarefas de investigação e as tarefas de *role-play* e que se traduzem num ensino mais centrado nos alunos, que promove o trabalho colaborativo, a pesquisa e seleção de informação. Permite também que os alunos, entre outros, delineiem estratégias de resolução de problemas, analisem e prevejam hipóteses e respostas, analisem resultados, discutam esses resultados e os comuniquem.

Foi também desafiante conhecer melhor a abordagem CTSA e ter oportunidade de desenvolver com os alunos tarefas com este tipo de abordagem. Inicialmente tive algum receio, pois este tipo de abordagem considera uma perspectiva interdisciplinar difícil de implementar e de avaliar. Enquanto professora, os meus receios iniciais desapareceram, pois os alunos aderiram às tarefas, estavam motivados e mostraram interesse sobre os temas abordados.

É também importante referir que, em cada momento do desenvolvimento da proposta didática, procurei refletir sobre o trabalho realizado no sentido de ir melhorando processos e produto final. Considero ainda, ter realizado uma outra aprendizagem, relacionada com a investigação sobre a própria prática. Sou da opinião que efetuei, um conjunto de aprendizagens a nível de metodologia de investigação e desenvolvi uma série de competências que poderei mobilizar futuramente, caso pretenda realizar uma investigação no sentido procurar soluções que clarifiquem alguma questão que possa surgir da minha prática enquanto professora. Por fim, gostaria de referir que durante a realização deste Mestrado foram essenciais os momentos de partilha e discussão com os colegas e com os professores, pois permitiram não só estabelecer uma ligação da teoria com a prática, como também refletir de forma fundamentada sobre o que aconteceu na sala de aula.

Durante a realização deste Mestrado considero ter adquirido uma visão mais global e um conhecimento mais consciente e integrado do que é ser professor e das exigências que se colocam atualmente. Apesar desta formação inicial ter sido completa e abrangente considero essencial a formação ao longo da vida. Penso ter desenvolvido, com a realização do Mestrado, os alicerces que me permitem continuar a investir na minha formação académica para que, em cada momento, saiba responder da melhor forma aos desafios que se colocam e, assim, ser uma professora consciente dos diferentes papéis que tenho que desempenhar dentro e fora da sala de aula.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Abrantes, P. (2000). Princípios sobre currículo e avaliação. In *Proposta de reorganização curricular do ensino básico*, (documento de trabalho). Lisboa: ME – Departamento de Educação Básica.
- Afonso, N. (2005). *Investigação naturalista em educação. Um guia prático e crítico*. Lisboa: Edições ASA.
- Agência Espacial Europeia. (2014). *Space for our climate*. Retirado de [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate/Record\\_loss\\_of\\_ozone\\_over\\_Arctic](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Record_loss_of_ozone_over_Arctic) em janeiro 2014.
- Baptista, M., Freire, S., & Freire, A. M. (2013). Tarefas de investigação em aulas de Física: um estudo com alunos do 8.º ano. *Caderno Pedagógico, Lajeado*, 10(1), 137-152.
- Baptista, M., Freire, S., & Freire, A.M. (2012). Ensinando astronomia nas aulas de Física: A investigação como motor de mudança no professor. In V. Tiburcio, & A.P. Bossler (Org.), *Boas práticas docentes: Histórias de sucesso e superação de dificuldades* (pp 51-77). Curitiba/PR: Honoris Causa (ISBN: 978-85-60938-76-4).
- Bardin, L. (1977). *Análise de conteúdo*. Coimbra: Edições 70, Lda.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness, and application*. Colorado Springs, CO: BSCS.
- Boavida, A. M., & Ponte, J. P. (2002). Investigação Colaborativa: Potencialidades e problemas. In GTI (Ed.), *Reflectir e Investigar sobre a Prática Profissional* (pp. 43-55). Lisboa: APM.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1992). *Qualitative research for education*. London: Allyn and Bacon.
- Burton, D., & Bartlett, S. (2005). *Practitioner Research for Teachers*. London: Paul Chapman.
- Bryson, B. (2006). *Breve História de quase tudo*. Lisboa: Quetzal Editores.

- Cachapuz, A., Praia J., & Jorge, M. (2000). Reflexão em torno de perspetivas de ensino das ciências: contributos para uma nova Orientação Curricular – Ensino por Pesquisa. *Revista de Educação*, 9(1), 69-78.
- Cachapuz, A., Praia J., & Jorge, M. (2004). Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. *Ciência e educação*, 10(3), 363-381.
- Chagas, I. (2000). Literacia científica. O grande desafio para a escola. In *Actas do 1º encontro nacional de investigação e formação, globalização e desenvolvimento profissional do professor*. Escola Superior de Educação de Lisboa.
- Camões, F. (2009). *Poluição troposférica e buraco estratosférico*. Manuscrito não publicado, Faculdade de Ciências de Lisboa, Lisboa.
- Chang, R. (2010). *Chemistry* (10<sup>th</sup> Edition). McGrawHill.
- Center for Atmospheric Science. (2014). The ozone hole tour. Retirado de <http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/atmosphere.html> em janeiro 2014.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2005) *Research Methods in Education*. 5th edition. London: Routledge Falmer.
- Cunha, S. (2004). *Diminuição da camada de ozono*. Retirado de <http://maracujah.net/files/doc/ozono.pdf> a 12 de dezembro de 2013.
- Cunha, M., (2009). *Atividades de investigação no ensino da química: um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade*. Tese de mestrado não publicada. Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Despacho Normativo n.º 30/2001, Diário da República, I Série B, 19 de julho de 2001.
- Despacho Normativo n.º 1/2005, Diário da República, I Série B, 5 de janeiro de 2005.
- Dillon, J. (1994). *Using Discussion in classrooms*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Duarte, T. (2009). A possibilidade da investigação a 3: reflexões sobre a triangulação (metodológica). *CIES e-Working Papers*. Lisboa: ISCTE.
- Fernandes, B. (2006). *Processo de triangulação de perspetivas na pesquisa qualitativa*. Retirado de <http://designinterativo.blogspot.pt/2006/08/processo-de-triangulao-de-perspectivas.html> a 5 de janeiro de 2014.

- Fino, C. (2004). *Convergência entre a teoria de Vygotsky e o construtivismo/construcionismo*. Artigo não publicado, Universidade da Madeira, Madeira.
- Filck, U. (2005). *Métodos qualitativos na investigação científica*. Lisboa: Monitor.
- Fonseca, H., Brunheira, L., & Ponte, J. P. (1999). As atividades de investigação, o professor e a aula de Matemática. *Projeto Matemática para Todos*. Lisboa: APM.
- Fontes, A., & da Silva, I. R. (2004). *Uma nova forma de aprender ciências: a educação em ciência/tecnologia/sociedade (CTS)*. Porto: Asa Editores.
- Galvão, C., (Coord.), Neves, A., Freire, A. M., Lopes, A., Santos, M. C., Vilela, M. C., Oliveira, M. T., & Pereira, M. (2001). *Ciências físicas e naturais: orientações curriculares para o 3.º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.
- Galvão, C., Reis, P., Freire, A. M., & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências*. Porto: ASA Editores.
- Hilário, T., & Reis, P. (2009). Potencialidades e limitações de sessões de discussão de controvérsias sociocientíficas como contributos para a literacia científica. *REU, Sorocaba, SP*, 35( 2), 167-183.
- IUPAC (1997). *Compendium of Chemical Terminology*, 2nd Edition (The Golden Book). Disponível em: <http://goldbook.iupac.org>. Consultado em janeiro 2014.
- Jardim, W. (2001). A evolução da atmosfera terrestre. *Cadernos temáticos de Química Nova Escola*. Edição especial.
- Jarvis, L., Odell, K., & Troiano, M. (2002). *Role-Playing as a Teaching Strategy*. Retirado de <http://imet.csus.edu/imet3/odell/portfolio/grartifacts/Lit%20review.pdf>, a 20 de dezembro de 2013.
- Lei nº49/2005, de 30/08/2005 (Lei de Bases do Sistema educativo Português). Versão nova consolidada. Consultada em <http://www3.uma.pt/nunosilvafraga/wp-content/uploads/2007/07/lei-de-bases-do-sistema-educativo.pdf> a 16 de janeiro de 2014.

- Leite, L. (2001). Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no Ensino das Ciências. In ME (Eds.), *Cadernos didáticos de ciências, 1*. Lisboa: Ministério da Educação (DES).
- Magalhães, S., & Viera, C. (2006). Educação em ciências para uma articulação ciência, tecnologia, sociedade e pensamento crítico. Um programa de formação de professores. *Revista Portuguesa de Educação*, 19(2), 85-110.
- Magalhães, J. (2007). *Elementos: Química A*. Carnaxide: Santillana.
- Martins, I. (Coord.), Costa, J., Lopes, J., Magalhães, M., Simões, M., Simões, T., Bello, A., San-Bento, C., Pina, E., & Caldeira, H. (Coord.). (2001). *Programa de Física e Química A: 10º ou 11º anos*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Martins, I., & Veiga, M. (1999). *Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspetiva da educação em ciências*. Instituto de Inovação Educacional: Lisboa.
- Matoso, C. M. (2011). *Aprender Química através de tarefas de investigação. Um estudo com alunos do 8.º ano de escolaridade*. Tese de Mestrado não publicada, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa.
- Mendes, J., & Reis, P. (2012). A promoção da literacia científica no ensino da Física e da Química através da realização de uma atividade de investigação. *Nuances: estudos sobre educação*, 22(23), 7-27.
- Ments, M. (1999). *The Effective Use of Role Play: practical techniques for improving learning*. London: Kogan Page. Retirado de [http://books.google.pt/books?id=GbXOYf8a\\_TIC&pg=PA43&hl=ptPT&source=gbs\\_toc\\_r&cad=4#v=onepage&q&f=false](http://books.google.pt/books?id=GbXOYf8a_TIC&pg=PA43&hl=ptPT&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=false), a 19 de dezembro de 2013
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis*. California: Sage Publications.
- Mozeto, A. (2001). Química atmosférica: a química sobre as nossas cabeças. *Cadernos temáticos de Química Nova Escola*. Edição especial.
- National Aeronautics and Space Administration (2014). *Atmospheric Composition*. Retirado de <http://science.nasa.gov/earth-science/focus-areas/atmospheric-composition/> em dezembro 2013.

- National Aeronautics and Space Administration. (2014). *Ozone hole watch*. Retirado de <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/> em janeiro 2014.
- NRC (National Research Council) (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C: National Academy Press. Retirado de [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9596&page=14](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9596&page=14) a 11 de janeiro de 2014
- Oliveira, R., & Zuin, A. (2009). *O uso do role playing game como estratégia de avaliação da aprendizagem no ensino de química*. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em ciências. Retirado de <http://www.academia.edu/1381645/>, a 20 de dezembro de 2013.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections. A report to the Nuffield Foundation*. London: Nuffield Foundation.
- Patton, M. (2002). *Qualitative evaluation and research methods*. London: Sage Publications
- Paiva, J., Ferreira, A., Ventura, G., Fiolhais, M., & Fiolhais, C. (2007). *10 Q: Física e Química A*. Lisboa: Texto Editores.
- Pereira, M., Ferreira, M. & Figueiredo, I. (2007). *Guião “Promoção do empreendedorismo na escola”*. Lisboa: Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular.
- Ponte, J. P., Oliveira, H., Brunheira L., Varandas, J. M., & Ferreira (1999). O trabalho do professor numa aula de investigação matemática. *Quadrante*, 7 (2), 41-70.
- Ponte, J. P. (2004). Investigar a nossa própria prática: Uma estratégia de formação e de construção do conhecimento profissional. In E. Castro & E. Torre (Eds.), *Investigación en educación matemática* (pp. 61-84). Coruña: Universidad da Coruña. Republicado em 2008, *PNA - Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 2(4), 153-180.
- Ponte, J. P., Quaresma, M., Branco, N. (2008). *Tarefas de exploração e investigação na aula de Matemática*. Manuscrito não publicado, Fundação para a Ciência e Tecnologia, Lisboa.

- Ramos, A. (2005). *Metodologia – Universidade do Minho*. [on line]. Retirado de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6914/11/11%20-%20Metodologia.pdf> a 5 de julho de 2013.
- Reis, P. (2004). *Controvérsias socio-científicas: Discutir ou não discutir?*. Tese de doutoramento. Lisboa: Universidade de Lisboa.
- Reis, P. (2006). Ciência e Educação: Que relação? *Interações*, 3, 160-187.
- Roldão, M. (2009). *Estratégias de ensino: o saber e o agir do professor*. Vila Nova de Gaia: Fundação Manuel Leão.
- Santos, L. (2002). *Auto-avaliação regulada: porquê, o quê e como?* Departamento do Ensino Básico: Lisboa.
- Seinfeld, J., & Pandis, S. (2006). *Atmospheric chemistry and physics – From air pollution to climate change*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Serway, R., & Jewett, J. (2010). *Physics for Scientists and Engineer with Modern physics*. Belmont CA: Brooks/Cole.
- Silva, J., Almeida, C., & Guindani, J. (2009). Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. *Revista Brasileira de História & Ciências Sociais*, 1,1-15.
- Stringer, E.T. (2007). *Action Research*. California: Sage Publication.
- Tuckman, B. (2005). *Manual de investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian (Trabalho original publicado em inglês em 1994).
- Valadares, J. A., & Moreira, M. A. (2009). *A teoria da aprendizagem significativa. Sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Almedina.
- Vieira, N. (2007). Literacia científica e educação de ciência. Dois objetivos para a mesma aula. *Revista Lusófona de Educação*, 10, 97-100.
- Veiga, I. (2012). *Ensino “Das estrelas ao átomo” com recurso a atividades de investigação*. Tese de Mestrado não publicada, Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa.
- Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science: Contemporary issues and practical approaches*. London and New York, NY: Routledge.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Buckingham: Open University Press.

# APÊNDICES

---





## **APÊNDICE A**

---

### **PLANIFICAÇÃO DAS AULAS**



Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura			
<b>Aula n.º:</b> 1	Evolução da composição média da atmosfera		<b>Duração:</b> 90 minutos
<b>Data:</b> 4 / 2 / 2014	Origem Natural ou antropogénica dos poluentes atmosféricos		<b>Professora:</b>
<b>Recursos:</b> Tarefa “Poluentes atmosféricos: origem natural ou antropogénica?”; (30 cópias); Texto de apoio; projetor; computador; manual.			

Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evolução da composição média da atmosfera (componentes maioritários) ao longo do tempo.</li> <li>▪ Composição média da atmosfera atual.</li> <li>▪ Agentes de alteração da concentração de constituintes vestigiais da atmosfera: agentes naturais e antropogénicos.</li> </ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relacionar a evolução da atmosfera com a sua composição.</li> <li>▪ Comparar a composição provável da atmosfera primitiva com a composição média atual da troposfera.</li> <li>▪ Indicar a composição média da atmosfera atual em termos os componentes maioritários e vestigiais.</li> <li>▪ Indicar a importância de alguns gases na atmosfera para a existência de vida na Terra.</li> <li>▪ Pesquisar, selecionar, analisar criticamente e sintetizar informação relevante para a resolução de um problema.</li> <li>▪ Trabalhar em grupo, confrontar ideias, argumentar com vista à apresentação de um produto final.</li> <li>▪ Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li> <li>▪ Utilizar a linguagem científica em contextos concretos.</li> </ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (10 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li> <li>▪ Apresentação dos objetivos da tarefa “Poluentes atmosféricos: origem natural ou antropogénica?”; indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li> <li>▪ Distribuição da tarefa “Poluentes atmosféricos: origem natural ou antropogénica?”</li> </ul> <p><b>2.º Momento da aula</b> (35 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Visualização de um vídeo: <a href="http://www.youtube.com/watch?v=x9FNUFGQciQ">http://www.youtube.com/watch?v=x9FNUFGQciQ</a></li> <li>▪ Formulação de questões.</li> <li>▪ Pesquisa de informação.</li> </ul> <p><b>3.º Momento da aula</b> (15 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discussão, em turma, das conclusões dos alunos.</li> </ul> <p><b>4.º Momento da aula</b> (30 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura do texto “Homem responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?”</li> <li>▪ Pesquisa, preparação e registo escrito em grupo dos argumentos a apresentar na discussão (a realizar na próxima aula).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li> <li>▪ Instrumento de avaliação da discussão em turma.</li> <li>▪ Instrumento de avaliação dos textos com a argumentação para a discussão.</li> </ul>

Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura			
<b>Aula n.º:</b> 2	<b>Data:</b> 5 / 2 / 2014	Principais poluentes atmosféricos. Consequências da poluição atmosférica.	<b>Duração:</b> 90 minutos
<b>Recursos:</b> Tarefa “Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?”; (30 cópias); projetor; computador; manual.			<b>Professora:</b>

Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agentes de alteração da de constituintes vestigiais da atmosfera.</li> </ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar algumas consequências da poluição atmosférica.</li> <li>Explicar como alguns agentes naturais e a atividade humana provocam alterações na concentração dos constituintes vestigiais.</li> <li>Apresentar formas concretas de atuação para minimizar os efeitos da poluição atmosférica;</li> <li>Pesquisar informação em diferentes fontes.</li> <li>Analisar criticamente e selecionar, informação relevante para a resolução de um problema.</li> <li>Planificar um plano de ação tendo em vista a resolução de um problema concreto.</li> <li>Trabalhar em grupo, confrontar ideias e argumentar com vista à apresentação de um produto final.</li> <li>Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li> <li>Discutir as suas ideias com os colegas utilizando uma linguagem científica contextualizada.</li> <li>Refletir criticamente sobre o trabalho desenvolvido.</li> </ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (continuação da tarefa 1) (5 + 25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conclusão da preparação a argumentação</li> <li>Discussão da questão controversa: Homem responsável pela poluição atmosférica? Sim ou não?</li> </ul> <p><b>2.º Momento da aula</b> (5 min)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reflexão do trabalho desenvolvido na tarefa 1.</li> </ul> <p><b>3.º Momento da aula</b> (início da tarefa 2) (5 min)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li> <li>Apresentação dos objetivos da tarefa “Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?”; indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li> </ul> <p>Distribuição da tarefa “Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?”</p> <p><b>4.º Momento da aula</b> (5 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leitura da notícia Um “assassino invisível”</li> </ul> <p><b>5.º Momento da aula</b> (25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificação do problema.</li> <li>Delineação de um plano para a resolução do problema identificado.</li> </ul> <p><b>6.º Momento da aula</b> (20 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação e discussão em turma do plano delineado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumento de avaliação da discussão em turma.</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumento de avaliação da comunicação à turma.</li> </ul>

Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura			
Aula n.º: 3		Toxicidade e DL50	Duração: 135 minutos
Data: 5 / 2 / 2014		Atmosfera: temperatura, pressão e densidade em função da altitude	Professora:
Recursos: Tarefa “Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?”; (30 cópias); projetor; computador; manual.			
Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Toxicidade e dose letal (DL50).</li></ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Exprimir o significado de dose letal.</li><li>▪ Comparar valores de DL50 para diferentes substâncias.</li><li>▪ Comparar os efeitos de doses letais iguais de uma substância em diferentes organismos.</li><li>▪ Explicar que, na ausência de qualquer reação química, a temperatura da atmosfera deveria diminuir com a altitude e depois aumentar como resultado da atividade solar.</li><li>▪ Associar a divisão da atmosfera em camadas aos pontos de inflexão da variação da temperatura em função da altitude.</li><li>▪ Formular hipóteses.</li><li>▪ Pesquisar informação em diferentes fontes.</li><li>▪ Analisar criticamente e selecionar, informação relevante para a resolução de um problema.</li><li>▪ Trabalhar em grupo, confrontar ideias e argumentar com vista à apresentação de</li></ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (continuação da tarefa 2) (10 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Leitura da banda desenhada</li></ul> <p><b>2.º Momento da aula.</b> (25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Pesquisa, seleção e organização de informação para dar resposta à questão problema.</li><li>▪ Resposta à questão formulada.</li></ul> <p><b>3.º Momento da aula.</b> (20 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Apresentação e discussão das respostas em turma.</li></ul> <p><b>4.º Momento da aula</b> (5 min)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Reflexão do trabalho desenvolvido na tarefa 2.</li></ul> <p><b>5.º Momento da aula</b> (início da tarefa 3) (5 min)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li><li>▪ Apresentação dos objetivos da tarefa “Caraterísticas do “forro” atmosférico da Terra”, indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li><li>▪ Distribuição da tarefa “Caraterísticas do “forro” atmosférico da Terra”.</li></ul> <p><b>6.º Momento da aula</b> (20 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Observação da imagem.</li><li>▪ Formulação de uma hipótese para a resolução da questão problema.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li><li>▪ Instrumento de avaliação da comunicação à turma.</li><li>▪ Instrumento de avaliação da discussão em turma.</li><li>▪ Instrumento de avaliação das respostas escritas.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Variação da temperatura, pressão e densidade em função da altitude.</li></ul>			

	<p>um produto final.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li> <li>▪ Discutir as suas ideias com os colegas utilizando uma linguagem científica contextualizada.</li> <li>▪ Refletir criticamente sobre o trabalho desenvolvido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apresentação da hipótese formulada à turma.</li> </ul> <p><b><u>7.º Momento da aula</u></b> (25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pesquisa, seleção e organização de informação sobre a variação da temperatura da atmosfera terrestre com a altitude.</li> </ul> <p><b><u>8.º Momento da aula</u></b> (25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Apresentação e discussão em turma da resposta ao problema formulado.</li> </ul>	
--	---	---	--

Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura			
<b>Aula n.º:</b> 4	Interação radiação – matéria		<b>Duração:</b> 90 minutos
<b>Data:</b> 12 / 2 / 2014	A atmosfera como filtro das radiações solares		<b>Professora:</b>
<b>Recursos:</b> Tarefa “Dois Mundos tão distantes... ”; (30 cópias); Figura de apoio (30 cópias); projetor; computador; apresentação; manual.			

Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> <li>Formação de iões na termosfera e mesosfera;</li> <li>Formação de radicais livres na estratosfera e na troposfera;</li> <li>Atmosfera como filtro de radiações solares.</li> </ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Interpretar a formação de radicais livres na atmosfera (estratosfera e troposfera) HO•, Br• e Cl• como resultado da interação entre radiação e matéria.</li> <li>Interpretar a formação dos iões O<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sup>+</sup> e NO<sup>+</sup> como resultado da interação entre radiação e matéria.</li> <li>Interpretar a atmosfera como filtro solar (em termos de absorção de várias energias nas várias camadas da atmosfera).</li> <li>Explicar o resultado da interação da radiação de energia mais elevada na ionosfera e mesosfera, em termos de ionização, atomização (ruptura de ligações) e aceleração das partículas.</li> <li>Enumerar alguns dos efeitos da ação de radicais livres na atmosfera sobre os seres vivos.</li> <li>Delinear um plano de ação com vista à resolução de um problema.</li> <li>Pesquisar informação em diferentes fontes.</li> <li>Analisar criticamente e selecionar, informação relevante para a resolução de um problema.</li> </ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (10 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li> <li>Apresentação dos objetivos da tarefa “Dois Mundos tão distantes...”, indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li> <li>Distribuição da tarefa “Dois Mundos tão distantes...”</li> </ul> <p><b>2.º Momento da aula</b> (25 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Leitura de um texto.</li> <li>Organização de um plano de ação para resolução do problema formulado.</li> </ul> <p>Apresentação do plano à turma e sua discussão.</p> <p><b>3.º Momento da aula</b> (20 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pesquisa, seleção e organização de informação sobre interação radiação - matéria.</li> <li>Registo da resposta ao problema formulado.</li> </ul> <p><b>4.º Momento da aula</b> (15 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apresentação e discussão em turma da resposta ao problema formulado.</li> <li>Síntese das principais conclusões dos alunos.</li> </ul> <p><b>5.º Momento da aula</b> (15 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Resposta à questão 6 do Vão Mais Além.</li> </ul> <p>Apresentação e discussão da resposta em turma.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li> <li>Instrumento de avaliação da discussão em turma.</li> <li>Instrumento de avaliação das respostas escritas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trabalhar em grupo, confrontar ideias e argumentar com vista à apresentação de um produto final.</li> <li>▪ Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li> <li>▪ Discutir as suas ideias com os colegas utilizando uma linguagem científica contextualizada.</li> <li>▪ Refletir criticamente sobre o trabalho desenvolvido.</li> </ul>	<p><b><u>6.º Momento da aula</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reflexão do trabalho desenvolvido na tarefa 4.</li> </ul> <p>(5 min.)</p>	
--	--	---	--



Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura			
<b>Aula n.º:</b> 5	O ozono na estratosfera. Reações de Chapman. Mecanismo de atuação dos CFC na diminuição da concentração de ozono estratosférico. Índice de proteção solar.		<b>Duração:</b> 135 minutos
<b>Data:</b> 13 / 2 / 2014	<b>Professora:</b>		
<b>Recursos:</b> Tarefa “O nosso protetor solar”; (30 cópias); projetor; computador; apresentação; manual.			
Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Reações de Chapman;</li><li>▪ Importância do ozono estratosférico para a vida na Terra.</li><li>▪ Mecanismo de decomposição do ozono pelos CFC.</li><li>▪ Índice de proteção solar.</li><li>▪ Filtros solares.</li></ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Explicar o balanço O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> na atmosfera em termos da fotodissociação de O<sub>2</sub> e de O<sub>3</sub>.</li><li>▪ Reconhecer a importância do equilíbrio O<sub>2</sub>/O<sub>3</sub> para a vida na Terra.</li><li>▪ Conhecer o significado da expressão “buraco na camada de ozono”.</li><li>▪ Conhecer o mecanismo de atuação dos CFC na decomposição do ozono na estratosfera.</li><li>▪ Conhecer o modo de atuação dos filtros solares e indicar o significado do índice de proteção solar.</li><li>▪ Formular questões com vista à resolução de um problema.</li><li>▪ Pesquisar, selecionar, analisar e sintetizar informação relevante para a resolução de um problema.</li><li>▪ Trabalhar em grupo, confrontar ideias, argumentar com vista à apresentação de um produto final.</li><li>▪ Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li><li>▪ Utilizar a linguagem científica em contextos concretos.</li></ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (10 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li><li>▪ Apresentação dos objetivos da tarefa “O nosso protetor solar”; indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li><li>▪ Distribuição da tarefa “O nosso protetor solar”</li></ul> <p><b>2.º Momento da aula</b> (60 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Leitura de uma notícia.</li><li>▪ Formulação e apresentação das questões à turma.</li><li>▪ Pesquisa e seleção de informação.</li><li>▪ Registo das respostas às questões formuladas.</li></ul> <p><b>3.º Momento da aula</b> (30 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Discussão, em turma, das conclusões dos alunos.</li><li>▪ Síntese das principais conclusões.</li></ul> <p><b>4.º Momento da aula</b> (30 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Leitura da banda desenha do Vão Mais Além.</li><li>▪ Pesquisa de informação e registo da resposta à questão do Vão Mais Além.</li><li>▪ Apresentação e discussão da resposta ao problema formulado.</li></ul> <p><b>5.º Momento da aula</b> (5 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Reflexão do trabalho desenvolvido na tarefa 5.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li><li>▪ Instrumento de avaliação da discussão em turma.</li><li>▪ Instrumento de avaliação das respostas escritas.</li></ul>

Unidade: Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura		
<b>Aula n.º:</b> 6	Role -play	<b>Duração:</b> 90 minutos
<b>Data:</b> 18 / 2 / 2014		<b>Professora:</b>
<b>Recursos:</b> Tarefa “Role-play”; (30 cópias); Textos de apoio; projetor; computador; manual.		

Conteúdos:	Competências	Momentos da aula e tempo	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ O problema científico e social da destruição do ozono estratosférico.</li> <li>▪ Efeitos dos CFC sobre o ozono estratosférico.</li> <li>▪ Alternativa aos CFC</li> </ul>	<p>O aluno é capaz de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Discutir os resultados da medição da concentração ozono ao longo do tempo, como indicador do problema da degradação da camada de ozono.</li> <li>▪ Compreender algumas razões para que essa diminuição não seja uniforme</li> <li>▪ Indicar algumas consequências da diminuição do ozono estratosférico, para a vida na Terra</li> <li>▪ Indicar algumas consequências da diminuição do ozono estratosférico, para a vida na Terra</li> <li>▪ Pesquisar, selecionar, analisar criticamente e sintetizar informação relevante para a resolução de um problema.</li> <li>▪ Trabalhar em grupo, confrontar ideias, argumentar com vista à apresentação de um produto final.</li> <li>▪ Usar a língua portuguesa na comunicação escrita/oral.</li> <li>▪ Utilizar a linguagem científica em contextos concretos.</li> </ul>	<p><b>1.º Momento da aula</b> (10 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Introdução dos conceitos que vão ser desenvolvidos em aula e explicação do que se vai fazer.</li> <li>▪ Apresentação dos objetivos da tarefa “Role-play”; indicação de que vão trabalhar em grupos e explicitação dos critérios de avaliação.</li> <li>▪ Distribuição da tarefa “Role-play”</li> </ul> <p><b>2.º Momento da aula</b> (45 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Leitura de um texto.</li> <li>▪ Pesquisa de informação.</li> <li>▪ Preparação do role-play.</li> </ul> <p><b>3.º Momento da aula</b> (30 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Implementação do role-play.</li> </ul> <p><b>4.º Momento da aula</b> (5 min.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reflexão do trabalho desenvolvido na tarefa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Instrumento de avaliação do trabalho em grupo (participação/colaboração na realização do trabalho).</li> <li>▪ Instrumento de avaliação dos textos com a argumentação para a discussão.</li> </ul>

## **APÊNDICE B**

---

### **RECURSOS DE APOIO ÀS AULAS: TAREFAS**



## Tarefa 1 – Poluentes atmosféricos, origem natural ou antropogénica?

### PARTE I

1. Visualizem o vídeo “A Atmosfera Primitiva”.



2. Formulem duas questões que a visualização do vídeo vos sugere.
3. Pesquisem no vosso manual, da página 142 à 144, as respostas para as questões formuladas.
4. Apresentem à turma as vossas conclusões.

**Homem, responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?**

### PARTE II

5. Leiam o texto que se segue.



Infelizmente, os seres humanos adoram perturbar este ciclo [o do carbono], atirando quantidades adicionais de carbono para a atmosfera sem o mais pequeno cuidado (...).

Segundo uma estimativa recente, calcula-se que, desde 1850, tenhamos lançado para a atmosfera cerca de cem biliões de toneladas de carbono adicional, total que todos os anos aumenta (...). Na totalidade, até nem é assim tanto. A Natureza – essencialmente através da matéria ejetada pelos vulcões e da decomposição das plantas – lança cerca de 200 biliões de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera por ano, quase 30 vezes mais do que nós, com os nossos carros e as nossas fábricas. Mas basta olharmos para as grandes cidades para ver a diferença que faz o nosso contributo.

Retirado de Bill Bryson (2004). *Breve história de quase tudo*, p. 269

6. Identifiquem no texto os principais responsáveis pela emissão de poluentes para a atmosfera.
7. Investiguem por que razão os agentes identificados são considerados os principais responsáveis pela poluição atmosférica.
8. Escolham, com base na informação que recolheram, a posição que pretendem defender durante a participação de uma discussão sobre “Homem, responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?”



9. Preparem a participação na discussão:
  - Discutam as vossas ideias e registem os principais argumentos a utilizar durante a discussão para defender a vossa posição.
  - Pensem e escrevam possíveis questões que os elementos do outro grupo podem fazer sobre o vosso trabalho.
  - Discutam, decidam e escrevam um conjunto de questões que pensem ser úteis para colocar aos colegas do outro grupo de modo a clarificarem as suas posições.
10. Escreva a ata relativa à discussão que decorreu. Descreva as principais ideias discutidas e a posição final da turma face à questão colocada.



VÃO MAIS ALÉM...

11. Leia o texto que se segue.

O azoto, de grande estabilidade química, foi-se acumulando na atmosfera ao longo do tempo, sendo atualmente o constituinte maioritário (...) Nos últimos 200 anos a sua quantidade têm-se mantido constante, fruto do equilíbrio dos ciclos biológicos em que é consumido e produzido.

Com o arrefecimento, a condensação do vapor de água inicial deu origem aos oceanos, passando a existir na atmosfera em quantidades variáveis entre 1% a 3% (...) O dióxido de carbono, dissolvendo-se na água, levou à formação de carbonatos insolúveis que se depositaram nos fundos dos oceanos, constituindo as rochas (...).

A fotossíntese ocorre nas plantas, durante o dia, sendo a única “fábrica de oxigénio” da Natureza. A velocidade desta reação é cerca de seis vezes superior às de consumo do oxigénio (...) Só assim se compreende que a sua quantidade de mantenha elevada e relativamente constante.

Retirado de Filomena Camões (2009). *Poluição troposférica e buraco estratosférico*, p. 20

12. Explique a importância para a existência da vida na Terra de alguns gases da atmosfera –  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  e  $CO_2$  (pode consultar o manual nas páginas 145 e 146).



REFLITA...

Responda às questões que se seguem relativamente à aula de hoje.

13. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.

14. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.

15. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou. Porquê?

16. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)



## Tarefa 2 – Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?

### Parte I

1. Leiam a notícia atentamente.

#### Um “assassino invisível”?

A Comissão Europeia apresenta um conjunto de medidas para reduzir um problema que mata cerca de 400 000 pessoas na UE. Os estados membros vão ter de diminuir a poluição atmosférica até 2030, de acordo com uma diretiva proposta esta quarta-feira por Bruxelas.

Os objetivos são claros: evitar milhares de mortes prematuras, atingir 50 000 milhões de euros por ano em benefícios para a saúde humana e salvar cerca de 198 000 km<sup>2</sup> de ecossistemas no espaço europeu.

Apesar dos avanços obtidos nas últimas décadas, a Comissão Europeia continua preocupada e diz que a poluição atmosférica mata mais europeus do que os acidentes de automóvel.

A nova diretiva prevê a redução da quantidade total de poluentes que cada país pode lançar durante um ano. A legislação em vigor, desde 2001, obrigava os estados membros a reduzirem as suas emissões até 2010. Mas sete países – Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Irlanda, Luxemburgo e Espanha – estão em incumprimento. Bruxelas quer ir mais além e propõe agora novas metas, ainda mais apertadas, para serem cumpridas até 2030.

O objetivo final é reduzir os prejuízos que os poluentes atmosféricos causam na Europa. O impacto para a saúde e economia têm sido enormes: em 2010 cerca 406 000 pessoas morreram prematuramente na UE devido a problemas respiratórios e cardiovasculares causados pela poluição atmosférica. Apesar dos poluentes atmosféricos, de um modo geral, apresentarem valores de DL50 que correspondem a uma toxicidade moderada, são mais perigosos que algumas substâncias mais tóxicas. O custo económico dos impactos da saúde é estimado entre 3% e 9% do PIB da UE. Os danos sobre o ambiente cobriam, no ano 2010, 62% da área dos ecossistemas da Europa.



Adaptado do Jornal Público de 18 dezembro de 2013



2. Respondam à questão formulada pelo João, apresentando as evidências encontradas na notícia que vos permitem fundamentar a vossa resposta.
3. Delineiem um plano de intervenção que ajude a resolver o problema. Registem todas as fases do plano.
4. Apresentem e discutam, em turma, o plano que delinearam.

## Parte II

5. Leiam a banda desenhada atentamente.



6. Ajudem o João a resolver o problema com que se deparou na notícia. Para isso, pesquisem no manual nas páginas 152 e 153 e no texto de apoio o significado das palavras que desconhecem.

7. Deem uma resposta para o problema que o João levantou, utilizando a informação recolhida.

8. Apresentem à turma a vossa resposta e discutam-na.

9. Leia o texto que se segue.

Sabemos que o CO<sub>2</sub> é um dos principais gases responsáveis pelo efeito de estufa.

Se as concentrações de CO<sub>2</sub> atingirem o dobro do nível dos começos da revolução industrial (280 ppm), como parece provável, as temperaturas médias do planeta aumentarão consideravelmente – um intervalo compreendido entre 1°C e 4°C. Atualmente a concentração é de aproximadamente 390 ppm.

Mas o que é o efeito de estufa? E o que o origina?

Adaptado de André Brahie (2003). *A mais bela história da Terra*, p. 156



10. Pesquise informação em diferentes fontes e responda à questão formulada no texto

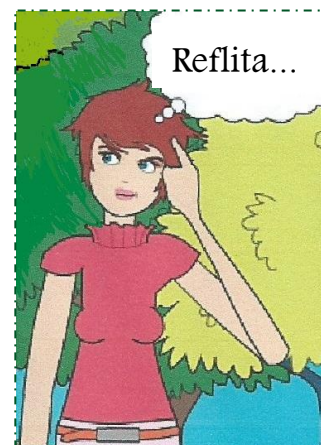
Responda às questões que se seguem relativamente à aula de hoje.

11. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.

12. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.

13. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou. Porquê?

14. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)



### Tarefa 3 – Características do “forro” atmosférico da Terra

---



Brrr!

Estou a uma altitude de 10 000 m. A temperatura lá fora é de  $-57^{\circ}\text{C}$ . Quando entrei no avião estava uma temperatura exterior de  $18^{\circ}\text{C}$ .

2. Prevejam uma resposta para a questão colocada pela Mafalda. Registem a vossa hipótese.
3. Pesquisem no manual, nas páginas 178 e 179, e ajudem a Mafalda a encontrar resposta para o seu problema.
4. Apresentem e discutam as vossas conclusões em turma, comparando a previsão que realizaram com a resposta à questão da Mafalda.

VÃO MAIS ALÉM...



5. Leiam o texto que se segue.

Acima dos 7 500 metros começam a surgir os sintomas de alarme para o organismo – essa é a área conhecida pelos alpinistas como Zona da Morte – mas muitas pessoas ficam já seriamente doentes, ou mesmo em perigo de vida, a altitudes próximas dos 4 500 metros (...).

O limite absoluto da tolerância humana para a vida sustentada parece rondar os 5 500 metros, mas mesmo as pessoas habituadas a viver em altitude não conseguem tolerar esses números durante muito tempo (...). Essas pessoas passaram milhares de anos a desenvolver caixas torácicas e pulmões desproporcionadamente grandes, aumentando assim em quase um terço a densidade dos glóbulos vermelhos transportadores de oxigénio no sangue.

Adaptado de Bill Bryson (2004), *Breve história de quase tudo*, p. 258

6. Elabore uma notícia que foque as principais consequências, para o Homem, quando se encontra em locais com altitude superior a 4 500 metros.

REFLITA...



Responda às questões que se seguem relativamente à aula de hoje.

7. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.
8. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.
9. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou. Porquê?
10. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)

## Tarefa 4 – Dois Mundos tão distantes...

---

1. Leiam o texto que se segue.

### Dois mundos tão próximos e tão distantes

No dia 20 de julho de 1969 cerca de 1000 milhões de pessoas, em todo o mundo, viram o astronauta americano Niel Armstrong a pisar o solo da Lua pela primeira vez. Mundo inóspito, na superfície do qual existem milhares de crateras, testemunhas de um passado de colisões ocorridas há mais de 4 000 milhões de anos. A mesma superfície que é bombardeada diariamente por radiações solares intensas e perigosas. Na Lua, a vida tal como a conhecemos é impossível, ao contrário da Terra, planeta azul, onde a vida é transbordante.

O que permite a existência de vida na Terra?



2. Delineiem um plano de ação que vos permita responder à questão apresentada no texto. Registem todas as fases do plano.
3. Discutam o vosso plano em turma.
4. Coloquem em ação o vosso plano e deem uma resposta à questão formulada.
5. Apresentem a resposta à turma e discutam-na.



6. Prevejam como varia a temperatura na superfície lunar, tendo em conta o que conhecem sobre a atmosfera da Lua e da Terra.
7. Apresentem as vossas conclusões à turma.
8. Pesquisem, em casa, os principais efeitos nos seres vivos dos radicais livres presentes na atmosfera. Façam o resumo da vossa pesquisa.



Responda às questões que se seguem relativamente à aula de hoje.

9. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.
10. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.
11. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou.
12. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)



## Tarefa 5 – O nosso protetor solar

1. Leiam a notícia.

### Buraco de 2011 da camada de ozono no Ártico voltará a ocorrer

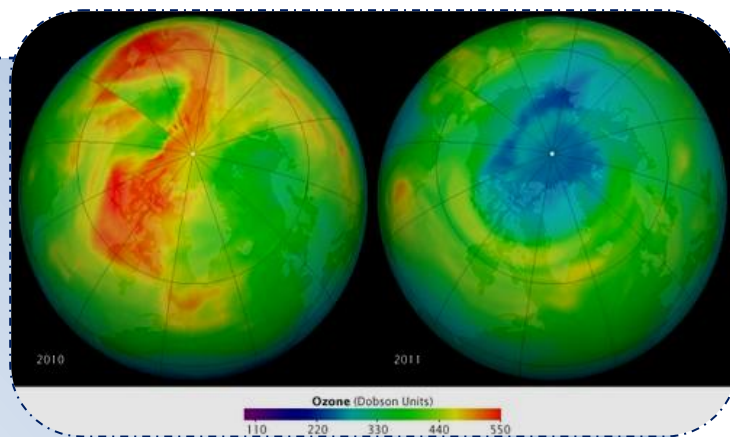
Registos obtidos ao longo dos últimos 30 anos revelam que a temperatura estratosférica no Ártico tem vindo a diminuir a um ritmo de 1°C por década. Um estudo conduzido por cientistas alemães e publicado na revista **Geophysical Research Letters** revela que, se esta tendência se mantiver, o buraco na camada de ozono que se verificou no Polo Norte, no inverno de 2011, repetir-se-á, podendo inclusive piorar.

O grupo de cientistas alemães analisou os mecanismos que alteraram o equilíbrio dinâmico da formação e decomposição do ozono estratosférico e que estiveram na origem da formação do buraco na camada de ozono do Ártico, que atingiu um tamanho recorde (semelhante ao existente sobre a Antártida) em 2011.

Com temperaturas inferiores a -78 °C, os CFC que ainda persistem na estratosfera sofrem uma transformação, resultando em produtos que decompõem o ozono estratosférico. O buraco de ozono no Ártico, em 2011, atingiu uma dimensão inédita devido ao inverno estratosférico durante o qual se registaram temperaturas exceccionalmente baixas.

Os investigadores do Kit Institute of Meteorology and Climate Research (IMK) recorreram ao satélite ENVISAT para medir a composição atual da atmosfera e modelaram as consequências para a camada de ozono no caso de um arrefecimento progressivo. Os resultados indicam que se a tendência de arrefecimento da estratosfera não se alterar, é provável que se forme um buraco na camada de ozono do Ártico com as mesmas dimensões (ou maiores) ao observado em 2011. Mais ainda, os autores do estudo calcularam que “uma diminuição de apenas 1°C é suficiente para causar a quase completa destruição da camada de ozono em algumas áreas”.

Bjorn-Martin Sinnhuber, coautor do artigo (...) referindo-se aos CFC, afirma “O futuro arrefecimento da estratosfera vai intensificar e aumentar os impactes destas substâncias na camada de ozono”.



Comparação da dimensão do “buraco de ozono”, no hemisfério norte, em março de 2010 e 2011.

Adaptado de Naturlink Notícias, 24 de janeiro 2013

2. Formulem, em grupo, três questões que a notícia vos sugere.
3. Apresentem as questões formuladas à turma.
4. Seleccionem, em turma, quatro questões que vos ajude a compreender melhor a notícia.
5. Pesquisem no manual informação que vos permita responder às questões.
6. Apresentem as respostas à turma e discutam-nas.



7. Leiam a banda desenhada.



8. Pesquisem a informação necessária para dar resposta à questão da Mafalda. Indiquem também o que são protetores solares, como se classificam e como atuam.
9. Apresentem a vossa resposta à turma e discutam-na.





10. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.

11. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.

12. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou.

13. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)

## Tarefa 6

**Será o desenvolvimento científico e tecnológico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?**

1. Leiam o texto que se segue.

A descoberta da diminuição da concentração do ozono estratosférico é um sério problema ambiental que afeta a vida na Terra.

As advertências sobre a diminuição da camada de ozono começaram a fazer-se ouvir nos anos setenta e o problema foi pela primeira vez discutido em 1976, pelas Nações Unidas. Em 1985, cientistas ingleses liderados pelo Dr. Joe Farman, confirmam, após medições cuidadosas e com recurso a técnicas e a instrumentos de medida precisos, a existência de um “buraco” considerável na camada de ozono, na zona da Antártida.

Os satélites de observação americanos confirmaram esta descoberta.

Em 1995 Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Roland foram laureados com o Prémio Nobel da Química pelo seu trabalho sobre o mecanismo de formação e decomposição do ozono. O seu contributo foi de extrema importância para perceber a forma como a camada estratosférica do ozono é afetada por substâncias produzidas e lançadas para a atmosfera pelo Homem, nomeadamente os clorofluorcarbonetos (CFC).



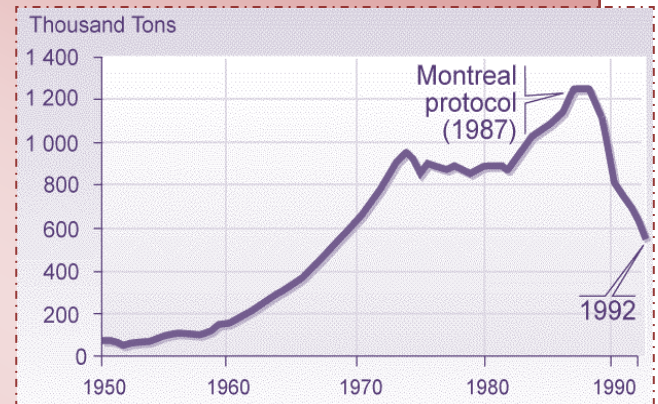
CFC, um dos principais responsáveis pela destruição do ozono estratosférico.

Estes compostos são os principais responsáveis pela destruição do ozono estratosférico e foram desenvolvidos para dar resposta a alguns problemas que o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) apresentava como fluido de refrigeração. Em 1930 o engenheiro Thomas Midgley apresentou-os como alternativa pois tinham propriedades semelhantes mas não eram tóxicos para o ser humano. Além disso, não eram corrosivos nem inflamáveis, sendo moléculas muito estáveis.

Na altura foram considerados compostos *milagrosos* e utilizados em larga escala para diferentes fins. O desenvolvimento e utilização dos CFC tiveram consequências que ninguém conseguiu prever e que mais tarde, com o conhecimento do mecanismo da sua atuação se compreendeu.

Pela primeira vez o Homem tomou consciência de que, ao longo de décadas, estava a perturbar o sistema climático mundial à escala global, tendo reagido à escala mundial.

Em 1987, foi assinado o Protocolo de Montreal, no qual mais de 60 países se comprometeram a reduzir em 50% o uso de CFC até finais de 1999, já que o único método conhecido de proteção da camada do ozono é limitar a emissão dos produtos que o danificam e substituí-los por outros mais amigos do ambiente, adequados para as mesmas aplicações.



Produção global de CFC.

No entanto, esta pesquisa não tem sido fácil pois ainda não se conhecem muito bem algumas consequências para a vida na Terra da utilização de alguns destes compostos.

2. No mês do novembro ocorreu em Varsóvia a Conferência das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas. Imaginem que na conferência se organizou um painel para discutir se o desenvolvimento científico e tecnológico é responsável pela destruição da camada de ozono ou se contribui para a solução do problema. Para a discussão foi convidado um:

- ativista ambiental;
- cientista;
- político;
- diretor de um laboratório internacional de investigação da qualidade do ar.

Os diferentes intervenientes na discussão irão assumir diferentes posições, devendo argumentar de forma clara e consistente o seu ponto de vista. É assim necessário estarem bem preparados pelo que devem pesquisar informação sobre:

- ✓ os resultados da medição da concentração do ozono ao longo do tempo, como indicador da degradação da camada de ozono;
- ✓ as razões para que essa diminuição não seja uniforme;
- ✓ as alternativas à utilização dos CFC, vantagens e inconvenientes;
- ✓ os contributos da ciência e tecnologia para o agravamento/resolução do problema.

Cada grupo irá assumir um dos papéis acima indicados e participar na discussão: “Será o desenvolvimento tecnológico responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?”

3. Pesquisem a informação necessária para defender, na discussão, o ponto de vista da personagem que vão assumir durante o jogo de papéis.
4. Preparem a participação na discussão.
  - Discutam as vossas ideias e registem os principais argumentos a utilizar durante a discussão para defender a vossa posição.
  - Pensem e escrevam possíveis questões que os elementos do outro grupo podem fazer sobre o vosso trabalho.
  - Discutam, decidam e escrevam um conjunto de questões que pensem ser úteis para colocar aos colegas do outro grupo de modo a clarificarem as suas posições.
5. Escreva as principais ideias discutidas e a posição final da turma face à questão colocada.

VÃO MAIS ALÉM...



6. Leia o texto que se segue.

O ozono é um dos constituintes principais da estratosfera (...)

Ao nível da troposfera, o ozono não é emitido diretamente, mas a sua formação ocorre quando o oxigénio reage, sob a ação da luz solar, com os óxidos de azoto ou com os compostos orgânicos voláteis.

Devido à necessidade de luz solar para a formação de ozono, as suas concentrações variam consoante a estação do ano e ao longo do dia, apresentando valores mais elevados no verão e durante a tarde. As condições meteorológicas com maior estabilidade atmosférica, características dos dias de temperatura elevada, proporcionam uma menor dispersão dos poluentes, aumentando a probabilidade deles reagirem entre si. Estas condições levam a que os países do sul da Europa sejam muito mais afetados pelo fenómeno de episódios de ozono do que os da Europa Central e do Norte.

Um episódio de ozono é descrito como um período que pode ir algumas horas até alguns dias, caracterizado por elevadas concentrações de ozono troposférico e consequentemente por ultrapassar aos limiares definidos na legislação.

O decreto-lei n.º 102/2010, de 23 de setembro estipula como parâmetro para proteção da saúde humana, um valor de concentração máximo de ozono diário de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentração média horária de ozono), que não deverá ser excedido mais do que 25 dias no ano (...). Estabelece ainda um limiar de alerta de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e um limiar de informação ao público de  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Adaptado da Agência Portuguesa do Ambiente, *Ozono troposférico*, fevereiro 2014

8. Pesquise sobre os principais efeitos para a saúde dos elevados teores de ozono na troposfera. Faça o resumo da sua pesquisa.



Responda às questões que se seguem relativamente à aula de hoje.

9. Indique o que aprendeu durante a aula de Física e Química A.
10. Refira as dificuldades que sentiu na realização da tarefa.
11. Mencione o que mais gostou e o que menos gostou.
12. Refira como funcionou o grupo de trabalho (todos os elementos participaram para o resultado final, respeitaram as opiniões uns dos outros, ...)

## **TEXTOS DE APOIO ÀS TAREFAS**

---





## Tarefa 1 – Poluentes atmosféricos, origem natural ou antropogénica?

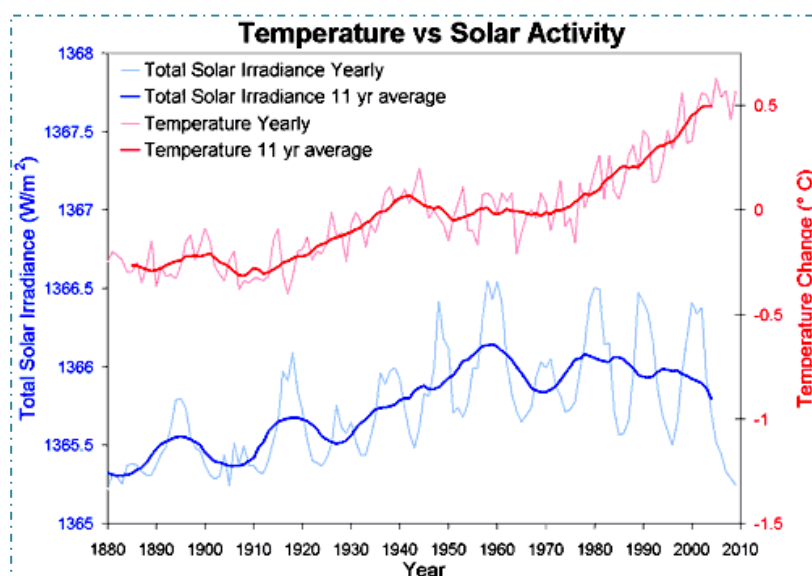
Homem, responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?



A composição da atmosfera atual está a sofrer alterações, essencialmente no teor dos seus componentes vestigiais. Estas alterações têm origem na emissão de diferentes poluentes para a atmosfera, sendo várias as consequências para a Vida na Terra, como por exemplo, o aquecimento global, as chuvas ácidas e a destruição da camada de ozono.

Os principais gases de efeito de estufa de origem antropogénica são o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o metano ( $\text{CH}_4$ ) (20 vezes mais potente que o  $\text{CO}_2$  como gás estufa), e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). O Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), descreve no seu relatório de 2007, que a concentração atmosférica global de  $\text{CO}_2$  aumentou de 280 ppm em 1750 para 379 ppm em 2005, significando um aumento de 35,35%. A concentração atmosférica global de  $\text{CH}_4$  aumentou de 715 ppb em 1750 para 1732 ppb, no início da década de 1990, e para 1774 ppb em 2005, significando um aumento de 148%, e a concentração atmosférica global de  $\text{N}_2\text{O}$  aumentou de 270 ppb em 1750 para 319 ppb em 2005, significando um aumento de 18,15%.

O gráfico da Figura mostra que, nos últimos 1150 anos, a temperatura média da Terra está estreitamente relacionada com a atividade solar, não sendo consequência direta da emissão de poluentes de origem antropogénica para a atmosfera. No entanto, após 1975, a temperatura média do Planeta continuou a aumentar, não se verificando a mesma tendência com a



atividade solar.

As simulações climáticas referentes ao início do século passado (1900 a 1950) podem ser explicadas apenas pela emissão dos poluentes naturais. No entanto, o aumento da temperatura média, ocorrida após a segunda metade do século XX até ao momento, para ser explicado, necessita de fatores externos como as emissões de gases de origem antropogénica, responsáveis pelo efeito estufa.

Relativamente à chuva ácida, os principais responsáveis pelo aumento da acidez da chuva são os óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e os óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ).

As principais fontes antropogénicas do dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ) são os veículos motorizados e a indústria, devido à queima dos combustíveis a temperaturas elevadas. Também o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) tem origem no setor industrial (especialmente refinarias, caldeiras queimando combustíveis com altos teores de enxofre, indústria química e pastas de papel).

O ozono forma-se ao nível do solo como resultado de reações químicas que se estabelecem entre alguns poluentes primários, tais como os óxidos de azoto, os compostos orgânicos voláteis (COV) ou o monóxido de carbono. Estas reações dão-se na presença de luz solar, sendo particularmente importantes no verão. Os poluentes primários provêm por exemplo, do tráfego, da indústria e dos aterros sanitários.

## Tarefa 1 – Poluentes atmosféricos, origem natural ou antropogénica?

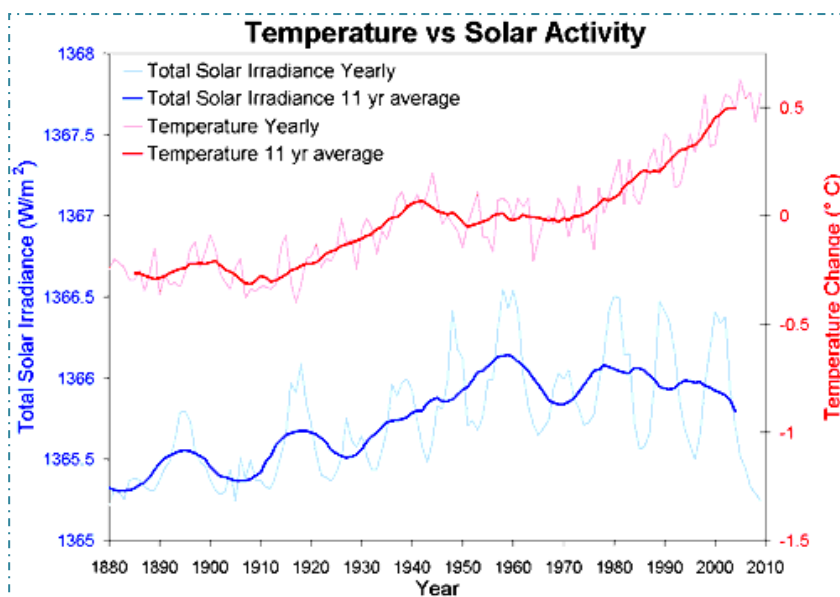
Homem, responsável pela emissão de poluentes para a atmosfera? Sim ou não?



A composição da atmosfera atual está a sofrer alterações, essencialmente no teor dos seus componentes vestigiais. Estas alterações têm origem na emissão de diferentes poluentes para a atmosfera, sendo várias as consequências para a Vida na Terra, como por exemplo, o aquecimento global, as chuvas ácidas e a destruição da camada de ozono.

O aquecimento global da Terra pode estar relacionado com o ciclo da  $H_2O$ , que coloca na atmosfera, durante a evapotranspiração, vapor de água, um dos principais responsáveis pelo efeito de estufa. Pode ainda, ser consequência da emissão para a atmosfera de outros gases de efeito estufa resultantes de desastres naturais como por exemplo, as erupções vulcânicas, a emissão de metano ( $CH_4$ ) nas zonas pantanosas, os incêndios de origem natural que produzem dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e monóxido de carbono ( $CO$ ), entre outros. Todos estes gases emitidos naturalmente para a atmosfera são gases de efeito estufa e que contribuem para o aquecimento global.

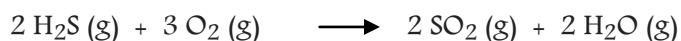
Também a atividade solar parece influenciar o aumento da temperatura média da Terra (ver gráfico da figura). O Sol tem uma forte influência no clima, pois é a fonte de quase toda a radiação que chega à Terra. O gráfico mostra que, nos últimos 1150 anos, a temperatura média da Terra está estreitamente relacionada com a atividade solar, não sendo consequência direta da emissão de poluentes de origem antropogénica para a atmosfera.



Durante a sua existência de aproximadamente 4500 milhões de anos, no planeta Terra houve períodos de aquecimento extremo que alternaram com períodos de arrefecimento que conduziram às diferentes idades do gelo, sendo estes fenómenos cíclicos na história do Planeta.

Relativamente à chuva ácida, os principais responsáveis pelo aumento da acidez da chuva são os óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ) e os óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ). Também, neste caso, as erupções vulcânicas são responsáveis pela emissão, para a atmosfera, de um conjunto de poluentes gasosos como por exemplo,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  e vapor de água.

Estima-se que cerca de dois terços da emissão de enxofre para a atmosfera tenha origem nas erupções vulcânicas. A temperaturas elevadas, o sulfureto de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{S}$ ) reage com o oxigénio atmosférico de acordo com a reação traduzida pela equação:



Parte do  $\text{SO}_2$  formado é emitido para atmosfera onde reage com a água, aumentando a acidez da água da chuva e contribuindo para o fenómeno da chuva ácida. A violência das erupções vulcânicas, também possibilita que uma quantidade de  $\text{SO}_2$ , atinga regiões mais elevadas da atmosfera, onde é transformado a  $\text{SO}_3$  e forma aerossóis de ácido sulfúrico. Estes podem decompor o ozono, diminuindo a sua concentração.



## Tarefa 1 – Poluentes atmosféricos, origem natural ou antropogénica?

### 1 Substitua as lâmpadas incandescentes por outras de baixo consumo

**S**imples e eficaz, e pode reduzir o valor da factura mensal da luz em até 60 por cento. As lâmpadas mais economizadoras são as fluorescentes compactas (CFL, das suas iniciais em inglês), que surgiram no mercado em meados da década de 1990 e agora já se podem encontrar em qualquer supermercado.

Estas lâmpadas têm as medidas-padrão das clássicas lâmpadas de incandescência, pelo que basta substituí-las nos candeeiros. É verdade que são mais caras do que as de filamento (podem chegar a custar entre três e cinco vezes mais), mas a longo prazo são rentáveis, já que consomem um quarto da energia das incandescentes e duram muito mais. Mudando apenas quatro lâmpadas pode poupar pelo menos 40 euros na factura anual da luz.

Uma desvantagem: estas lâmpadas contêm mercúrio, pelo que não podem ser simplesmente deitadas no lixo, é preciso levá-las a um ponto de reciclagem.

Outra medida muito efectiva

va, mas a que infelizmente muita gente não liga, é ainda mais simples e óbvia: apagar as luzes das divisões onde não se encontra ninguém. Repare bem, em sua casa, na quantidade de energia que assim se gasta (e paga) para nada.

E outra, mas esta requer investimento: instalar detectores de presença em cada divisão, de modo a que as luzes se acendam ao detectar a presença de uma pessoa, mas se apaguem logo que ela sala. A longo prazo, com

pensa a despesa.

Lâmpada de baixo consumo contra a de filamento. Resultado: 40 da lâmpada clássica em duração, consumo e poupança.



### 2 Isole bem a sua casa

Muitas vezes, não são necessárias soluções do século XXII para resolver problemas do século XVIII, como a manutenção das casas a uma temperatura confortável. De facto, a energia consumida nos lares é responsável por 18 por cento dos gases de efeito de estufa.

Entre 25% e 30% das necessidades de aquecimento de uma casa devem-se a perdas de calor através das janelas.

As janelas velhas podem ser uma importante fonte de perdas térmicas, não só através das frestas, mas também pela caixilharia, isolador duplo.

As janelas velhas podem ser uma importante fonte de perdas térmicas, não só através das frestas, mas também pela caixilharia, isolador duplo.

As janelas velhas podem ser uma importante fonte de perdas térmicas, não só através das frestas, mas também pela caixilharia, isolador duplo.

se tiver sido feita em materiais condutores (ferro, aço, alumínio) e não isolados, ou por fechaduras ineficientes deste ponto de vista. Melhorar o isolamento de portas e janelas, telhados, paredes e pisos pode reduzir para metade a factura eléctrica. Isolar adequadamente portas e janelas apenas para evitar a entrada de ar frio evita a emissão, em média, de 286 quilos de CO<sub>2</sub> por cada casa.

Esta termografia de uma casa mostra que através das janelas e do telhado se perde muito calor (a amarelo).



ALFRED PASIEKA





Por vezes, basta abrir as janelas e deixar correr o ar para refrescar uma divisão.

### 3 Potencie a ventilação natural

**H**á truques para manter confortável a temperatura da casa sem ligar o ar condicionado ou o aquecimento. No Verão, podemos mantê-la fresca fechando as janelas durante o dia, para evitar a entrada de calor, e correndo estores e persianas, para impedir a entrada de radiação solar.

À noite, pelo contrário, as janelas devem ser abertas, para potenciar a ventilação natural e a circulação do ar. Ao dar descanso ao ar condicionado, um cidadão médio evita a emissão anual de 578 quilos de CO<sub>2</sub>.

No Inverno, é preciso arejar rapidamente as divisões. Para evi-

tar que as paredes arrefeçam, forçando o recuo ao aquecimento, não se deve abrir as janelas durante mais de dez minutos.

Por outro lado, não faz qualquer sentido ter as janelas abertas, nem mesmo uma fresca, quando se ligou o aquecimento ou o ar condicionado.



### 4 Ajuste o termostato

**A**ntes de ligar o ar condicionado, verifique se ele é mesmo necessário: muitas vezes, basta um ventilador. Uma temperatura de 22 a 24 °C é mais do que agradável, e usando roupa adequada à estação podem reduzir-se as necessidades de climatização. Faz sentido andar em casa de manga curta no Inverno ou de casaco no Verão?

O melhor é manter as portas das divisões fechadas, quando os sistemas de climatização estão ligados, tendo o cuidado de verificar que ficaram desligados, ao sair. Os termostatos programáveis permitem regular automaticamente a temperatura da casa, que deve ser mais alta durante o dia do que à noite. Basta baixar em 1 °C o termostato do aquecimento, no Inverno, para poupar 230 quilos

Os sistemas de climatização devem ser usados correctamente. A temperatura ideal é de 22 a 24 °C.

### 5 Evite os pré-cozinhados

**A**lém de ser mais benéfica para a saúde, a cozinha caseira é também mais respeitadora do meio ambiente. Os pratos de comida rápida e os preparados congelados e prontos a consumir requerem muita energia para congelar, primeiro, e para descongelar, depois.

Enquanto estiver a cozinhar, pode gastar menos energia se tapar tachos e panelas, seja para ferver água ou para fazer um guisado. Por

outro lado, a panela de pressão é uma grande invenção que permite economizar tempo e energia. Quem tem uma cozinha eléctrica pode apagar as placas ou o forno um pouco antes de a comida estar cozinhada, poupando assim bastante electricidade. Neste último caso, para aquecer água ou leite, é muito melhor usar o microondas, que consome ainda menos energia do que as placas vitrocerâmicas.

É melhor elaborar a nossa própria comida do que comprar pratos preparados.





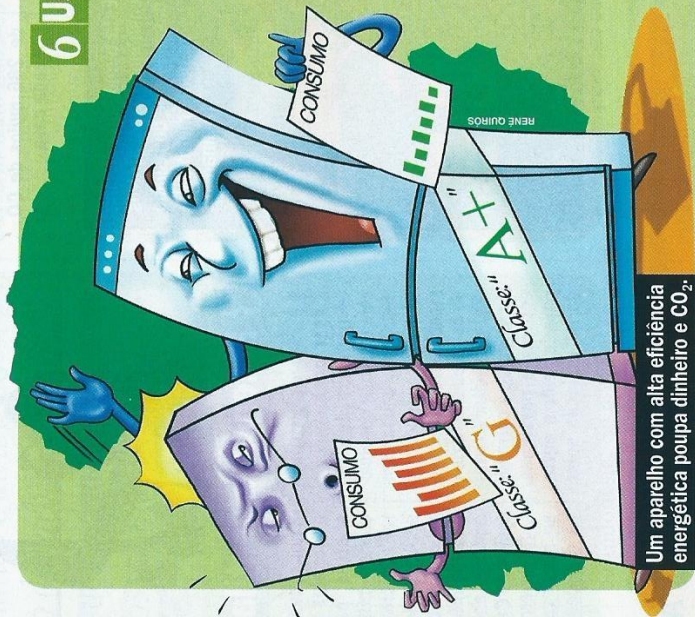
## 6 Use electrodomésticos A++

**Q**uando comprar um novo electrodoméstico, escolha o que tenha etiquetas de rendimento energético das categorias A+ ou A++, uma distinção outorgada pela União Europeia aos mais eficientes. Antes disso, pense bem no aparelho que mais lhe convém. Por exemplo, no caso de um frigorífico ou de uma máquina de lavar louça, escolha um com o volume mínimo para as suas necessidades: um frigorífico A+ de 300 litros pode gastar mais do que um de 100 litros da categoria G.

Num relatório recente

te do Parlamento Europeu, recomendava-se a Comissão e aos estados-membros que promovessem "a substituição dos aparelhos electrodomésticos mais velhos, através de medidas como incentivos fiscais aos fabricantes ou campanhas de descontos aos consumidores".

A poupança é considerável. Por exemplo, um frigorífico A++ pode consumir 2956 kWh ao longo de 15 anos, enquanto um da classe G pode gastar 12.319 kWh, isto é, quatro vezes mais, o que se reflecte directamente na factura da electricidade.



Um aparelho com alta eficiência energética poupa dinheiro e CO<sub>2</sub>.

## 7 Elimine esforços extra

**C**ada vez que abrimos a porta do frigorífico, escapa algum frio, isto é, desperdiça-se a energia gasta para o criar. Por isso, deve-se tentar abrir o frigorífico o mínimo possível e verificar que a porta veda bem. Para não o obrigar a trabalhar demais, deve ser colocado num lugar fresco, longe de fontes de calor (o forno), e não colocar nele alimentos quentes, para evitar o esforço adicional de os trazer até à temperatura ambiente.

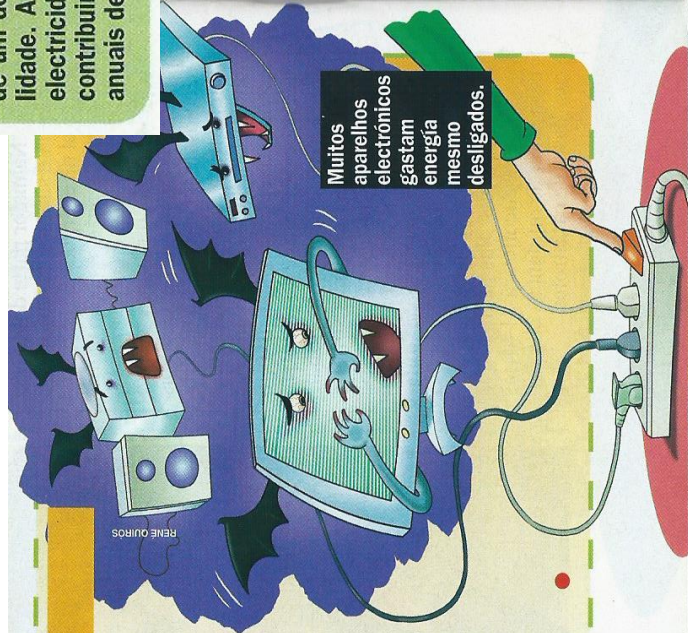
É recomendável descongelar o frigorífico de vez em quando, porque gasta mais quando tem gelo acumulado. Se for anterior a 1993, pense em trocá-lo: gasta o dobro de um dos modernos de boa qualidade. A poupança na factura da electricidade é significativa e pode contribuir para reduzir as emissões anuais de CO<sub>2</sub> em 100 quilos.

## 8 Fora com os vampiros!

**E**mbara possamos não estar a usá-los, alguns aparelhos electrónicos, como os televisores, os leitores de CD e DVD, os computadores, as aparelhagens de som e as consolas de jogos continuam a consumir electricidade, seja porque mantêm activas certas funções, seja porque estão em *stand by*.

Este gasto passivo constitui entre 5 e 13 por cento do consumo eléctrico doméstico nos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Económico (OCDE). Para acabar com tal desperdício, basta tirar as fichas das tomadas, com o que se pode poupar até 90 quilos de CO<sub>2</sub> por ano. Se desligar os carregadores do telemóvel, da câmara digital, do computador portátil e do leitor de mp3 logo que eles estejam carregados, pode poupar mais seis quilos de CO<sub>2</sub> por ano.

Uma alternativa que pode facilitar o gesto de desligar as fichas das tomadas é optar por extensões com interruptores, como a que se vê na imagem.





## 9 Embalagem, só o mínimo!

No fabrico das embalagens de discos ou da fruta empacotada, por exemplo, gasta-se energia, o que se traduz em dióxido de carbono libertado na atmosfera. Prestando um pouco de atenção, é fácil reduzir a quantidade de embalagens de plástico e de papel

que consumimos. Por exemplo, basta comprar fruta e legumes a granel, e não empacotados. Idem para os queijos e enchidos.

Se no seu escritório há máquina de café, procure reutilizar os copos de plástico; melhor: tenha a sua própria chávena ou copo.

As empresas são sensíveis a este tema. A Hewlett-Packard anunciou em Fevereiro que vai usar caixas mais leves nos seus tinteiros, o que reduzirá as emissões de carbono numa quantidade equivalente a retirar 35 mil carros da rua durante um ano...

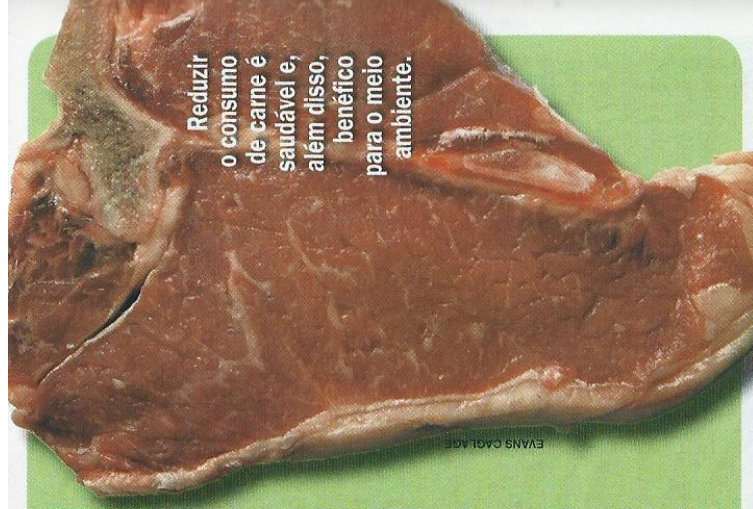
Muitas embalagens são tão prescindíveis como esta, mas geram resíduos e gastos energéticos.



LUIS REAL

## 10 Coma menos carne

A agropecuária é responsável por 18% das emissões de gases de efeito de estufa, segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação (FAO), o que se deve à grande quantidade de energia consumida durante a produção de fertilizantes e do abate de florestas para pasto, além dos enormes volumes de metano produzido pelo gado vacum. Porém, o problema não está na carne, mas no modo como é produzida. A maior parte das explorações emprega sistemas intensivos, com grandes concentrações de animais e produção de montanhas de resíduos poluentes.



Reduzir o consumo de carne é saudável e, além disso, benéfico para o meio ambiente.

## 11 Partilhe o seu carro

Se tem de usar o carro para chegar ao trabalho, tente partilhá-lo. Oito em cada dez carros transportam apenas uma pessoa, e quatro em cada dez pessoas fazem-no habitualmente. A mobilidade é a área onde existem mais diferenças de equilíbrio nas

emissões de carbono per capita. Enquanto algumas pessoas se deslocam em potentes todo-o-terreno que gastam toneladas de combustível, outros andam de autocarro. Algumas pessoas precisam de voar para o outro lado do mundo para descansar, outras preferem

passar as férias a andar a pé. São padrões de comportamento muito diferentes, tão grandes como o potencial de poupança energética. Entretanto, se vai andar de carro, verifique a pressão dos pneus, o que representa uma boa poupança de combustível.



## 12 Lave e seque com cabeça

**T**alvez cada um de nós pudesse contribuir a sua própria roupa a partir de algo ecológico plantado no quintal, ou tecer camisolas e sobretudos com a lã de ovelhas criadas por nós mesmos, em liberdade e alimentadas apenas com

dieta orgânica. Tudo isso contribuiria para reduzir a factura das emissões de CO<sub>2</sub>, mas, evidentemente, não vai acontecer, além de que a questão de fundo é outra: como é que lavamos. Segundo o Instituto da Manufatura da Universidade de Cambridge (Reino Unido), 60 por cento

da energia associada a uma peça de roupa é gasta na sua lavagem e secagem. Ao longo da sua vida, uma T-shirt pode produzir até quatro quilos de dióxido de carbono. A solução não é deixar de lavá-la, mas, por exemplo, lavar a roupa em água fria em vez de quente (esqueça a pré-lavagem) e em só ligar a máquina quando ela estiver cheia. Isto permite poupar 360 quilos de CO<sub>2</sub> por ano.

As máquinas de secar são as que mais energia gastam em todo o processo de lavagem.

Outro ponto muito importante é a secagem das peças. Se puder, estenda-as; é muito melhor, visto que as máquinas de secar são devoradoras de energia! Na realidade, trata-se do electrodoméstico mais gluttono, responsável por 80% da energia usada na barreira. Uma família de quatro pessoas que não use máquina de secar pode poupar até 480 kWh e 300 quilos de CO<sub>2</sub> apenas num ano. ●



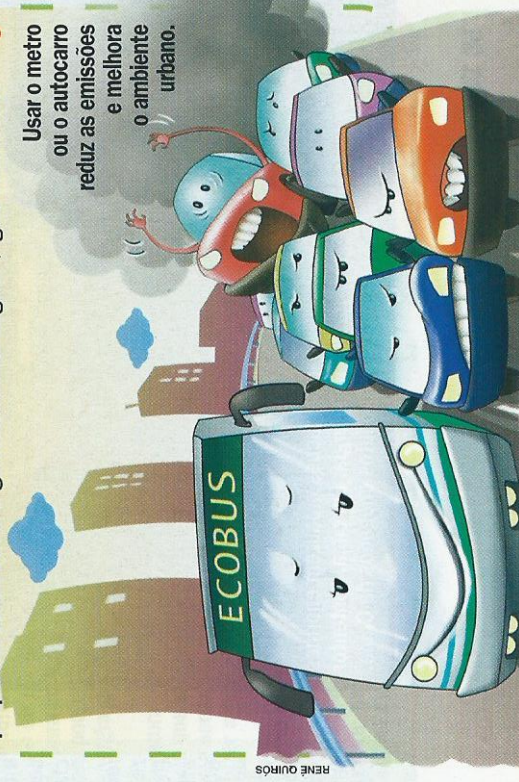
## 13 Use transportes públicos

**O** tráfego de veículos é culpado de 14% do total das emissões de efeito de estufa. Uma das melhores formas de reduzi-las é usar os transportes públicos colectivos ou veículos não-poluí-tes, como a bicicleta. Nos Estados Unidos, poupam-se assim 5000

milhões de litros de gasolina por ano, o que representa 1,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>. Actualmente, 88% dos trajectos realizados nos Estados Unidos (80% na Europa) são feitos em automóvel, o que, além de poluir, provoca intermináveis engarrafamentos. Segun-

do a Greenpeace, autocarros, comboios e metros são três vezes mais eficientes do que os veículos particulares; os sistemas ferroviários urbanos são os mais eficientes, e sê-lo-ão ainda mais no futuro, quando forem abastecidos com energias renováveis. ●

Usar o metro ou o autocarro reduz as emissões e melhora o ambiente urbano.





## 14 Diga “não” aos sacos de plástico

**O**s sacos de plástico têm uma elevada probabilidade de acabar os seus dias no campo ou no mar, e o seu impacto ambiental é enorme. Além das grandes quantidades de energia necessárias para o seu fabrico, são compostos por derivados do petróleo, e levam mais de meio século a degradar. Os Estados Unidos e a União Europeia consomem cerca de 80 por cento da produção mundial.

Podemos reduzir a poluição usando um carrinho de compras, uma alcofa ou um saco não descartável. Em alguns países, já estão a ser adoptadas medidas para minimizar o impacto ambiental dos sacos de plástico, incluindo a sua produção em materiais biodegradáveis. Segundo os planos apresentados, é provável que, daqui por uns dez anos, mais de metade dos sacos utilizados sejam feitos de um tipo de plástico elaborado à base de fécula de batata, o que os tornará mais recicláveis e menos insustentáveis.



Há sacos de plástico por todo o lado! Recicle-os, reutilize-os ou evite-os.

## 15 Peça facturas digitais

**D**iminua o seu consumo de papel pagando as contas *online*, dispensando os talões nas caixas Multibanco e recebendo facturas digitais no correio electrónico. Além de reduzir o abate de árvores, ajuda a diminuir o gasto de combustível necessário para produzir e transportar o papel. Segundo um relatório da Javelin Strategy & Research, se todos os norte-americanos consultassem e pagassem as suas contas *online*, poupar-se-iam por ano 1450 milhões de toneladas de papel e reduzir-se-iam as emissões de CO<sub>2</sub> em 1,9 milhões de toneladas. Nada mau!



Para quê continuar a encher pastas de recibos? Consulte e pague as suas contas *online*.

## 16 Compre produtos locais

**M**angas de Israel, carne da Argentina, cebolas da Índia, leite de França... A lista podia continuar indefinidamente, e sem sair dos alimentos. Se olharmos para as etiquetas dos produtos que consumimos diariamente, que descobriremos que

muitos vêm do estrangeiro, quando não do outro lado do mundo. Isso tem um impacto ecológico importante, pois é necessário gastar muito petróleo para os transportar, além da energia necessária para os conservar desde o seu lugar de

origem até chegarem ao destino. E mais sustentável consumir os produtos da época e de produção local. Além disso, muitas vezes, os produtos produzidos localmente não estão embalados, o que permite poupar nos plásticos e cartões.



## 17 Separe e recicle

Segundo os dados da CELPA, a Associação de Indústria Papeleira, os níveis históricos de reciclagem de papel em Portugal rondavam a média europeia, isto é, andavam pelos 45 por cento. Nos últimos anos, porém, esse indicador deixou de estar em linha com os indicadores internacionais, ou porque os outros países se sensibilizaram mais depressa, ou porque, apesar das campanhas, os portugueses ainda não interiorizaram como seu o projecto da reciclagem.

Porém, é preciso reciclar e é fácil fazê-lo. Até 2011, o Governo pretende atingir a meta dos 60% de reciclagem de papel, o que exige um investimento em pontos de recolha, mas, principalmente, depende de os cidadãos se organi-

zarem. Nem todo o papel pode ser reciclado (as estimativas apontam para 20% de perdas), e não pode ser reciclado indefinidamente, mas a poupança em árvores e energia é muito significativa. ●



## 19 Tire a gravata!

A estufa: nesse Verão, com uma medida tão simples, o Japão emitiu menos 71.700 toneladas de dióxido de carbono. ●

A sério: vai ver que resulta! Quando sair para o trabalho, deixe a gravata em casa. No Verão de 2005, os homens de negócios e empregados japoneses trocaram os seus habituais fatos com gravata por camisas mais estivais, com colarinho aberto e cores tropicais. Fazia parte de um plano do governo nipónico para poupar energia, mantendo a temperatura dos escritórios a 28 °C durante todo o Verão. Ao princípio, a iniciativa causou polémica, mas funcionou, porque reduziu as emissões de gases de

RENÉ QUIROS





## 18 Menos é mais

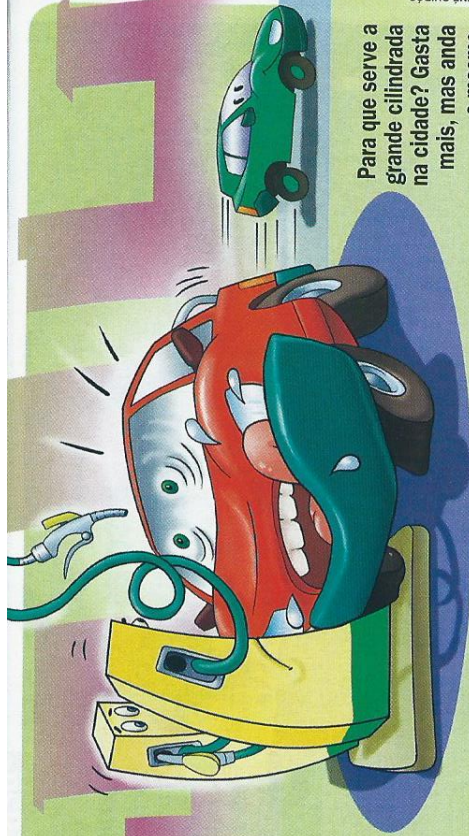
**N**ão é preciso viver numa casa enorme. Requer muito mais energia para aquecer e arrefecer do que uma mais pequena. O mesmo raciocínio se aplica ao automóvel. Antes de trocar de carro, pare um pouco e trate de pensar se o pretende para fazer trajectos longos ou curtos, e se o utiliza-

rá mais na cidade ou na estrada.

Um monovolume ou um todo-o-terreno não são os veículos adequados para o asfalto urbano: produzem grandes gastos energéticos e ocupam muito espaço. Já há no mercado automóveis especificamente talhados para o párra-arranca cidadão,

que consomem quatro litros aos cem quilómetros, e em breve será possível reduzir esse consumo para metade.

Como dizia o piloto alemão de Fórmula 1 Michael Schumacher, "as coisas mais incrivelmente pequenas podem dar resultados extraordinariamente satisfatórios".



Para que serve a grande cilindrada na cidade? Gasta mais, mas anda o mesmo.

RENÉ QUINÓS

## Dê férias ao computador

**N**ão nos enganemos: os protectores de ecrã não poupam energia. Um computador de secretária gasta em média (sem incluir o monitor) entre 60 e 250 watts por dia. Se, em vez de ter a máquina permanentemente ligada, usar o computador quatro horas por dia e o desligar no resto do tempo, pode poupar mais de 50 euros por ano em electricidade.

Além disso, o gesto reduziria em mais de 83% as emissões de CO<sub>2</sub> provocadas pelo aparelho. Por isso, se não vai usar o computador, desligue-o.

Outros conselhos: use o modo de poupança do sistema operativo; quando acabar de trabalhar, desligue o computador da ficha; os monitores planos e os portáteis são mais eficientes.

JAVIER LABREA



Computadores portáteis, como este iBook, consomem menos energia do que os modelos de secretária.

## 21

### O último a sair apaga a luz

**T**alvez o facto de desligar um responsável para esta função pareça um regresso à escola, mas é uma iniciativa que poderia reduzir o consumo de electricidade, além de prolongar a vida dos equipamentos informáticos e reduzir os custos de manutenção.

A ideia é que a última pessoa a sair do escritório verifique que todas as luzes, computadores, faxes e impressoras estão desligados. O ar condicionado e o sistema de aquecimento podem ser programados para se ligarem e desligarem sozinhos.

Retirado da revista Superinteressante, dezembro, 2007



## Tarefa 2 – Poluentes atmosféricos – tóxicos moderados ou perigosos?

### Toxicidade de uma substância

Uma substância é tóxica se a sua atuação origina direta ou indiretamente perturbações graves nos seres vivos (mortais ou não), ou mesmo perturbações nos processos de suporte à vida. A toxicidade classifica-se em:

- toxicidade aguda → exprime-se pela DL50
- toxicidade crónica → não se consegue quantificar com rigor, mas origina perturbações graves das quais não resulta morte imediata, mas em que o perigo advém principalmente dos efeitos cumulativos.

A toxicidade das substâncias pode ser muito variada, Quadro 1.

Quadro 1. *Grau de toxicidade em função da dose letal.*

Grau	DL50 (mg/kg)	Classificação	Exemplos*
1	> 15 000	Praticamente não tóxico	----
2	5 000 a 15 000	Levemente tóxico	Etanol (7 000 mg/kg)
3	500 a 5 000	Moderadamente tóxico	Ácido acetilsalicílico (1 500 mg/kg)
4	50 a 500	Muito tóxico	Cafeína (355 mg/kg)
5	1 a 50	Extremamente tóxico	Nicotina (50 mg/kg)
6	< 1	Supertóxico	Dioxinas (0,001 mg/kg)

\* Valores de DL50 de algumas substâncias por via oral.

No entanto, os efeitos de uma mesma massa de tóxico dependem da massa do animal em que é aplicada e da forma como a substância é administrada, Quadro 2

Quadro 2. *DL50 para a nicotina sob diversas formas de administração.*

Forma de administração	Via oral	Inalação	Endovenosa
DL50 (mg/kg)	50	9,5	0,3

A DL50 é um indicador do grau de toxicidade de uma determinada substância. No entanto, a absorção de substâncias tóxicas abaixo do valor letal pode causar danos irreparáveis ou até mesmo a morte a curto ou a médio prazo. Também as substâncias que apresentem um valor de DL50 mais elevado podem prejudicar gravemente a saúde ou perturbar gravemente os processos de suporte de vida, devido aos seus efeitos cumulativos.



## Tarefa 4 – Dois Mundos tão distantes...

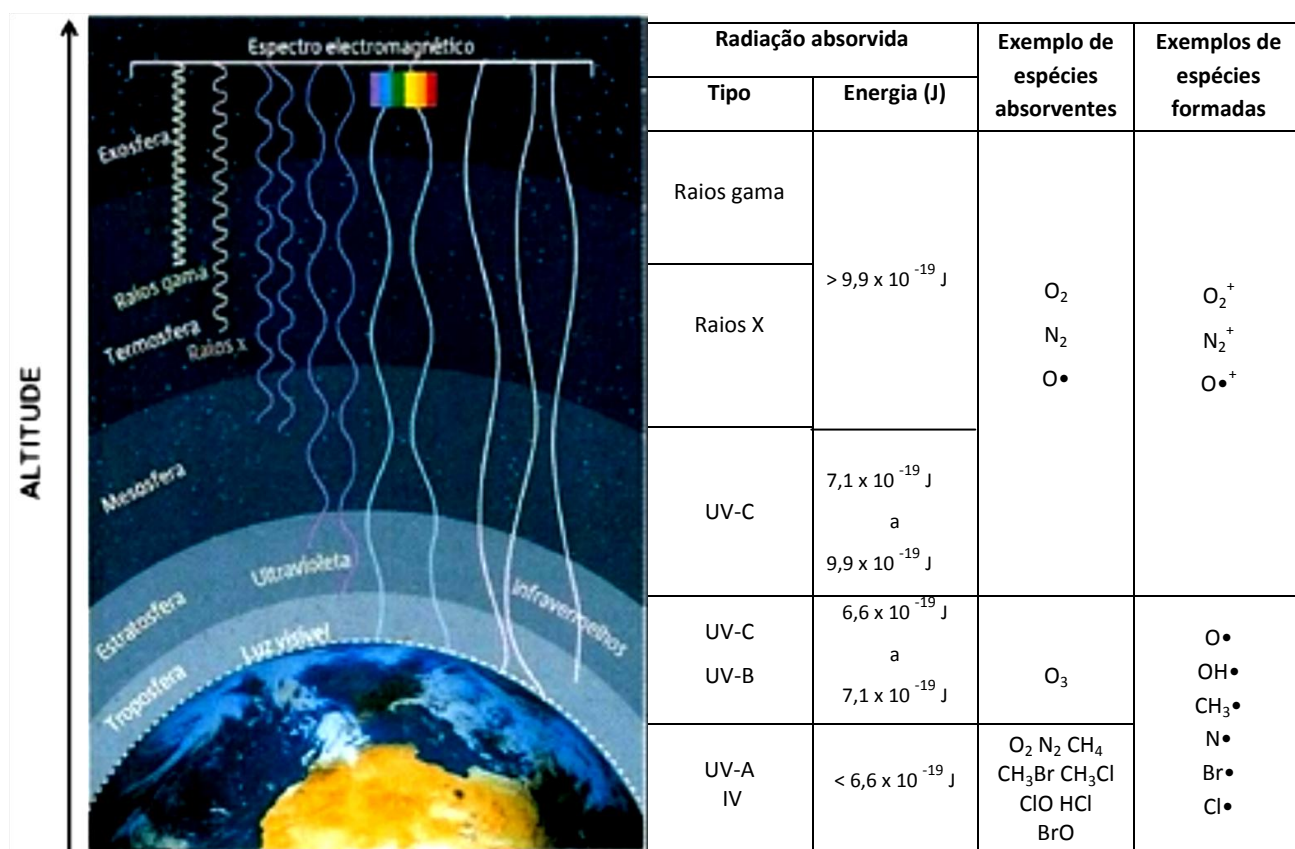


Figura 1

## Tarefa 6

### Será o desenvolvimento científico e tecnológico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?

#### Ativista ambiental

No jogo de papéis, o ativista ambiental irá defender que o desenvolvimento científico e tecnológico é um dos responsáveis por diversos problemas ambientais, nomeadamente a diminuição da concentração do ozono estratosférico.

#### CFC – As moléculas de sonho

A ciência foi incapaz de prever e avaliar o efeito da utilização dos clorofluorcarbonetos (CFC). A ação destes compostos foi impercetível, tendo sido necessário que a própria tecnologia desenvolvesse meios para medir e avaliar as consequências da utilização dos CFC no ozono estratosférico.

Durante o séc. XIX e princípios do séc. XX, os gases utilizados como fluidos de refrigeração eram o amoníaco,  $\text{NH}_3$ , o clorometano,  $\text{CH}_3\text{Cl}$ , e o dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ . No entanto, no início do séc. XX, ocorreram muitos acidentes devido à fuga destes gases tóxicos. Os elevados prejuízos e os processos judiciais contra as indústrias de refrigeração conduziram a um esforço conjunto para desenvolver um composto que pudesse ser usado como fluido refrigerante, não fosse inflamável nem tóxico e que não fosse reativo.

Em 1930 o engenheiro Thomas Midgley apresentou o primeiro CFC que preenchia todos os requisitos e tinha custo de produção baixo. Os CFC foram utilizados como fluidos de refrigeração em frigoríficos e ares condicionados, dispersores em sprays, solventes para vários tipos de limpeza de componentes elétricos, esterilizadores de instrumentos hospitalares. Foram considerados as moléculas de sonho e ficaram conhecidos comercialmente como fréons.

Desde a descoberta da relação entre os CFC e a diminuição da camada de ozono, a pesquisa para a produção de substitutos seguros aumentou e o uso de CFC tem vindo a diminuir. No entanto, a ciência e a tecnologia na tentativa de resolver o problema podem agravá-lo pois não se conhece na totalidade a influência que alguns destes substitutos têm na atmosfera e para a vida na Terra.

Adaptado de Magalhães (2007). *Elementos*. Santillana Editores.

## **Consequências da destruição da camada de ozono para a vida na Terra**

As consequências da utilização dos CFC vão sentir-se durante décadas e por todos, poluidores e não poluidores. As implicações mais significativas para a vida na Terra são....:

- ... queimaduras solares e aumento da incidência do cancro da pele.
- ... danos nos olhos e aparecimento de cataratas.
- ... envelhecimento precoce e afetação do sistema imunológico.
- ... desaparecimento das espécies, aparecimento de mutações genéticas e mudança do clima.

### **Alternativa aos CFC**

O Protocolo de Montreal, assinado por cerca de 60 países em 1987, sob os auspícios do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, teve como objetivo a diminuição gradual do uso dos CFC. Foram definidas medidas que deveriam ser adotadas pelos signatários para limitar a produção e utilização daqueles compostos. Foram desenvolvidas novas substâncias, que se apresentam no Quadro 1, e que substituem os CFC. No entanto, ainda não se conhece na totalidade a influencia que alguns destes compostos têm na atmosfera terrestre, pelo que na tentativa de resolver o problema, a ciência e a tecnologia podem agravá-lo.

Após pesquisa realizada nos documentos apresentados registem os argumentos que considerem válidos para o ativista ambiental apresentar na discussão.



## Será o desenvolvimento científico e tecnológico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?

---

### Cientista

No jogo de papéis, o cientista irá defender que o desenvolvimento científico e tecnológico é um dos principais responsáveis por diversos problemas ambientais, nomeadamente a diminuição da concentração do ozono estratosférico.

#### Medição do Buraco do Ozono

A Ciência foi incapaz de prever e avaliar o efeito da utilização dos clorofluorcarbonetos (CFC) na atmosfera pois a Terra não funciona como um laboratório. Os CFC são compostos inertes na troposfera mas que reagem por ação dos raios UV mais energéticos na estratosfera. A ação destes compostos foi impercetível, tendo sido necessário que a própria ciência e tecnologia desenvolvessem meios para medir e avaliar as consequências da utilização dos CFC no ozono estratosférico.

Desde 1978 que o satélite meteorológico Nimbus 7 fazia medições da concentração de ozono sobre a Antártica, utilizando equipamento sofisticado. Porém, de 1982 a 1984, os resultados obtidos não indicavam o decréscimo observado pela equipa inglesa chefiada por Joe Farman. Verificou-se mais tarde que as medições efetuadas pelo satélite eram processadas automaticamente e que o computador tinha sido programado para rejeitar valores de concentração de ozono abaixo de determinado limite, tal era a confiança no facto de a concentração de ozono não sofrer grandes variações. Felizmente os dados rejeitados foram recuperados, confirmando o que se sabe hoje: a camada de ozono estava a diminuir.

O aumento do “buraco” do ozono traduz-se num conjunto de consequências para a vida na Terra que se vão sentir durante décadas por todos, poluidores e não poluidores.

O ozono ocorre naturalmente na estratosfera e é fundamental na manutenção da vida na Terra por absorver as radiações ultravioletas (UV) solares. A camada de ozono atua com filtro protetor das radiações solares com  $\lambda < 280$  nm, radiações incompatíveis com a vida. Esta camada é mais fina nos trópicos que nos polos, apresentando flutuações sazonais.

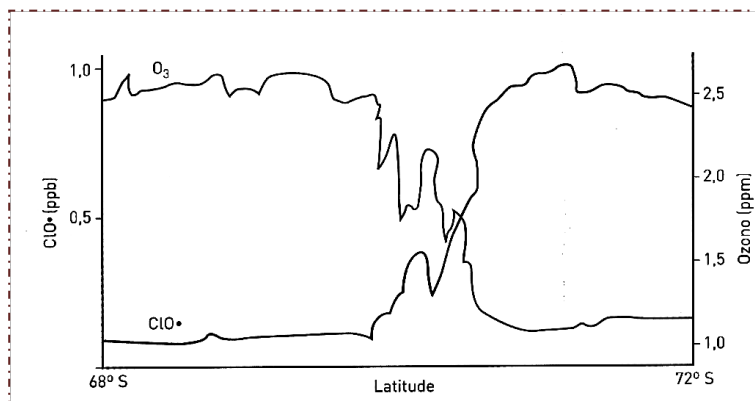
Do balanço entre as reações de formação do ozono e a sua decomposição resulta um equilíbrio delicado que, em princípio, se não fosse perturbado, conduzia à manutenção de um teor de ozono estável. A formação e destruição do ozono por processos naturais constituem um

equilíbrio dinâmico que mantém uma concentração de ozono constante na estratosfera. Com a introdução de poluentes, nomeadamente os CFC, este equilíbrio foi afetado.

Só depois de se conhecer o mecanismo de atuação dos CFC foi possível compreender de que forma estes perturbam o equilíbrio natural.

Foram medidas as concentrações do ozono e da espécie  $\text{ClO}^\bullet$ . Como facilmente se pode observar, existe uma relação entre a concentração de ozono  $\text{O}_3$  e de monóxido de cloro  $\text{ClO}^\bullet$ . Só com o desenvolvimento científico e tecnológico foi possível medir e estabelecer o mecanismo de atuação dos CFC. Assim, a avaliação do problema que a ciência criou

– desenvolvimento dos CFC e consequente destruição do ozono estratosférico – está dependente do próprio desenvolvimento tecnológico e científico.



### Alternativa aos CFC

O Protocolo de Montreal assinado por cerca de 60 países em 1987, sob os auspícios do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente teve como objetivo a diminuição gradual do uso de CFC. Foram definidas medidas que deveriam ser adotadas pelos signatários do protocolo para limitar a produção e utilização daqueles compostos. Novas substâncias foram desenvolvidas e apresentadas para substituírem os CFC – Quadro 1. No entanto, ainda não se conhece na totalidade a influencia que alguns destes compostos têm na atmosfera terrestre, pelo que na tentativa de resolver o problema, a ciência e a tecnologia podem agravá-lo.

Após pesquisa realizada nos documentos apresentados registem os argumentos que considerem válidos para o cientista apresentar na discussão.

## Será o desenvolvimento científico e tecnológico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?

### Diretor de laboratório

No jogo de papéis, o diretor de um laboratório internacional de investigação da qualidade do ar irá defender que o desenvolvimento científico e tecnológico contribui para encontrar soluções que revertam a situação criada e minimizem os efeitos da diminuição da concentração do ozono estratosférico na vida na Terra.

#### Desenvolvimento tecnológico e científico

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia permitiu compreender o mecanismo da diminuição do ozono estratosférico por ação dos CFC, tendo sido possível medir a concentração das espécies envolvidas e estabelecer a relação entre elas. A ciência e a tecnologia permitem por um lado compreender o mecanismo da diminuição da concentração do ozono estratosférico e quantificar a dimensão do “buraco” do ozono e, por outro, desenvolver processos para minimizar as consequências dessa diminuição e encontrar alternativas viáveis aos CFC. Assim, diversas pesquisas foram realizadas com o objetivo de encontrar substitutos para os CFC nos sistemas de refrigeração e noutras aplicações em que os fréons são utilizados. É também o conhecimento tecnológico que permite reconhecer as limitações e vantagens das substâncias utilizadas para substituir os CFC.

No que se refere à medição e avaliação da diminuição da concentração do ozono na estratosfera houve um esforço para implementar novas técnicas e formas de medição. Foram desenvolvidos alguns instrumentos de medição mais sofisticados, como por exemplo o espectrofotómetro do Sol e o espectrofotómetro Brewer de medida do ozono. Este último, desenvolvido por cientistas canadianos, permite ter um conhecimento mais preciso da concentração de ozono estratosférico, medido a partir da superfície terrestre. É frequente no Verão ouvir alertas para o índice de radiação ultravioleta, sendo possível informar a população sobre os perigos e os cuidados a ter quando se anda ao ar livre.

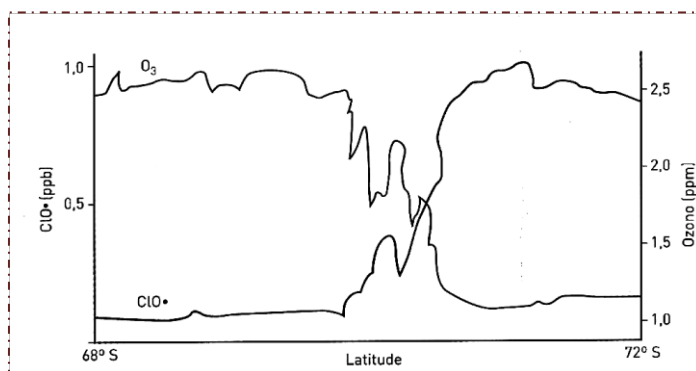
Assim, os problemas ambientais podem ser um motor e impulsionador da inovação científica e tecnológica.

Adaptado de Cunha, S. *A diminuição da camada de ozono*. (2004).

Do balanço entre as reações de formação do ozono e a sua decomposição resulta um equilíbrio delicado que, em princípio, se não fosse perturbado, conduzia à manutenção de um teor

de ozono estável. A formação e destruição do ozono por processos naturais constituem um equilíbrio dinâmico que mantém uma concentração de ozono constante na estratosfera. Com a introdução de poluentes este equilíbrio foi afetado.

Foram medidas as concentrações do ozono e da espécie  $\text{ClO}^\bullet$ . Como facilmente se pode observar, existe uma relação entre a concentração de ozono ( $\text{O}_3$ ) e de monóxido de cloro ( $\text{ClO}^\bullet$ ). Só com o desenvolvimento científico e tecnológico foi possível medir o teor das espécies envolvidas e estabelecer o mecanismo de atuação dos CFC.



### Alternativa aos CFC

O Protocolo de Montreal assinado por cerca de 60 países em 1987, sob os auspícios do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente teve como objetivo a diminuição gradual do uso de CFC. Foram definidas medidas que deveriam ser adotadas pelos signatários para limitar a produção e utilização daqueles compostos. Foram desenvolvidas novas substâncias, que se apresentam no Quadro 1, e que substituem os CFC.

Após pesquisa realizada nos documentos apresentados registem os argumentos que considerem válidos para o diretor de um laboratório internacional de investigação da qualidade do ar apresentar na discussão.

## Será o desenvolvimento científico e tecnológico o grande responsável pela destruição da camada de ozono ou contribui para a solução do problema?

---

### Político

No jogo de papéis, o político irá defender que o desenvolvimento científico e tecnológico contribui para solucionar a diminuição da concentração do ozono estratosférico. No entanto, é necessário que existia um compromisso a nível social, cultural, político e económico para resolver o problema da diminuição da camada de ozono.

O desenvolvimento científico e tecnológico é importante para a compreensão do problema da diminuição da concentração de ozono estratosférico pois permite não só a monitorização de diferentes parâmetros para avaliar a situação mas também perceber como atuam os diferentes agentes na destruição da molécula de ozono. No entanto, os cidadãos têm que se manter informados e possuir os conhecimentos necessários para ter uma opinião fundamentada e uma atitude consciente e ativa na resolução do problema. Tem que existir uma alteração dos estilos de vida que proporcionem um desenvolvimento sustentável.

Também a nível global se verifica uma tendência para a harmonização e homogeneização das medidas relativas ao ambiente entre os diversos países industrializados e em vias de industrialização, sendo criadas novas formas de organização e novas políticas ambientais. A consciência ambiental global foi despoletada pelo surgimento de graves problemas ambientais globais, nomeadamente a destruição da camada de ozono. Esta consciencialização traduz-se em variadas tentativas de resolução concertada, entre os diversos atores e grupos sociais antes dispersos e que conjugam agora esforços em torno de um discurso específico e de um projeto político comum. Mais do que nunca se tenta aplicar agora o famoso slogan “think globally, act locally” e se trabalha no sentido do «desenvolvimento sustentável».

Exemplos desta ação global concertada na defesa de um ambiente que é de todos são as iniciativas tomadas a nível mundial para travar a degradação da camada de ozono:

- ❖ Em 1977, as Nações Unidas adotaram um Plano de Ação para a camada de ozono.
- ❖ Em 1981 iniciaram-se as negociações com vista à elaboração de uma Convenção Global.
- ❖ Em 1985, através do Programa para o Ambiente (UNEP – United Nations Environment Program) é adotada a Convenção de Viena, em que os vários governos se comprometem a proteger a saúde humana e o ambiente dos danos causados pela destruição da camada de ozono. Este foi um importante e inovador passo, na medida em que foi a primeira vez que diversas nações acordaram “tratar” um problema ambiental antes mesmo dos seus efeitos se fazerem sentir ou estarem cientificamente provados.

- ❖ No dia 16 de Setembro de 1987 (Dia Internacional para a Proteção da Camada de Ozono), foi adotado o Protocolo de Montreal, em que os países reconheceram a necessidade de reduzir e mesmo de proibir a produção e o consumo de todas as substâncias que possam contribuir para a diminuição da camada de ozono, acordando ainda na cooperação em matéria de estudos e pesquisas e na troca de informação.

Os acordos internacionais desempenham um importantíssimo papel na tomada de consciência face, não só a este, mas a qualquer outro problema ambiental de cariz global e só com uma ação concertada não só a nível dos discursos mas também a nível estrutural e funcional da sociedade, será possível minimizar as consequências dos problemas ambientais e resolvê-los.

Têm que existir medidas concertadas para a resolução do problema. Este não está confinado nem no tempo nem no espaço. Os acordos internacionais conduzem por um lado a tomadas de posição e de medidas concretas para a resolução do problema e, por outro, à consciencialização das populações que conduz à formação de cidadãos informados e ativos.

São também necessárias medidas políticas e financeiras para que países em vias de desenvolvimento cumpram as metas acordadas em diferentes acordos internacionais, só assim, as novas políticas ambientais que são aceites e cumpridas por todos.

É assim é necessário um compromisso entre todos: sociedade, ciência e tecnologia para a resolução do problema. Este é o elemento chave para a resolução e diminuição dos problemas ambientais e concretamente da diminuição da concentração do ozono estratosférico.

Adaptado de Cunha, S. *A diminuição da camada de ozono* (2004) e Camões, F. *Poluição troposférica e buraco estratosférico* (2007)

Após pesquisa realizada nos documentos apresentados escrevam os argumentos que considerem válidos para o político apresentar na discussão.



## Quadro A.1

*Alternativas aos CFC. Adaptado de Magalhães (2007).*

Alternativa aos CFC	Vantagens	Desvantagens
<b>HCFC</b> <b>(Hidroclorofluorcarbonetos)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradam-se mais depressa (2–20 anos).</li> <li>▪ 90% menos perigosos para a camada de ozono.</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, ar condicionado, espumas e agentes de limpeza (com restrições).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gases de efeito estufa.</li> <li>▪ Decompõem o ozono estratosférico.</li> <li>▪ Baixam eficiência energética das suas aplicações.</li> <li>▪ Podem causar tumor no pâncreas.</li> </ul>
<b>HFC</b> <b>(Hidrocarbonetos)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradam-se mais depressa (2–20 anos).</li> <li>▪ Não contêm cloro que decompõe o ozono).</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, ar condicionado e espumas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gases de efeito estufa.</li> <li>▪ Baixam eficiência energética das suas aplicações.</li> </ul>
<b>Hidrocarbonetos</b> <b>(propano, butano)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baratos e de aplicação fácil.</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, espumas e agentes de limpeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Podem ser tóxicos.</li> <li>▪ São inflamáveis.</li> <li>▪ Provocam poluição ao nível do solo.</li> </ul>
<b>Amoníaco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Largamente utilizado antes do aparecimento dos CFC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tóxico por inalação.</li> </ul>
<b>Hélio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eficazes na refrigeração em frigoríficos, arcas frigoríficas e ares condicionados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pode tornar-se escasso se utilizado em larga escala.</li> </ul>





## **APÊNDICE C**

---

**RECURSOS DE APOIO ÀS AULAS:**

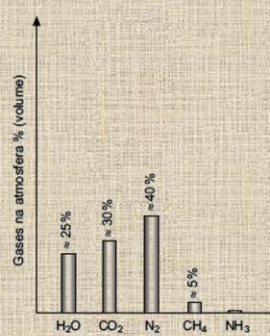
**DIAPOSITIVOS DA APRESENTAÇÃO POWERPOINT**



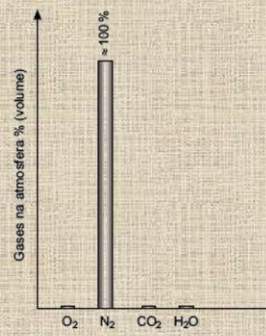
# POWERPOINT 1

## Atmosfera Terrestre

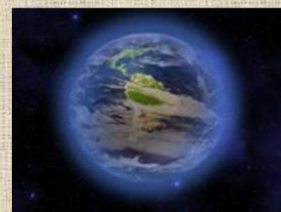
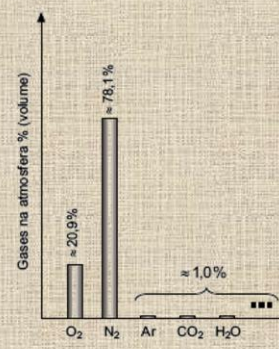
### Breve História da Atmosfera da Terra



Há mais de 4300  
milhões de anos



Há cerca de 2300  
milhões de anos



Há cerca de 1500  
milhões de anos



Principais poluentes atmosféricos, fontes e consequências		
Poluentes	Fontes	Consequências
Monóxido de carbono CO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima de combustíveis fósseis (produção de eletricidade e circulação de veículos);</li> <li>Incêndios florestais;</li> <li>Atividade vulcânica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concorre com o transporte de O<sub>2</sub> na hemoglobina do sangue, originando perda de consciência e mesmo a morte;</li> <li>Dificuldades de visão e respiração.</li> </ul>
Dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima de combustíveis fósseis (produção de eletricidade e circulação de veículos);</li> <li>Incêndios florestais;</li> <li>Desflorestação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agravamento do efeito de estufa.</li> </ul>
Óxidos de azoto NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura;</li> <li>Queima de combustíveis fósseis (circulação de veículos)</li> <li>Ação bacteriana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formação de chuvas ácidas;</li> <li>Formação do nevoeiro fotoquímico (smog);</li> <li>Efeito de estufa;</li> <li>Destruição da camada de ozono;</li> <li>Problemas respiratórios.</li> </ul>

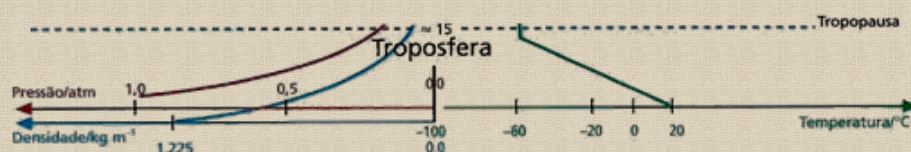
### Principais poluentes atmosféricos, fontes e efeitos

Poluentes	Fontes	Consequências
Óxidos de enxofre $\text{SO}_2$ , $\text{SO}_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atividade vulcânica;</li> <li>Incêndios florestais;</li> <li>Indústria;</li> <li>Queima de combustíveis fósseis (produção de eletricidade);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formação de chuvas ácidas;</li> <li>Formação do nevoeiro fotoquímico (smog);</li> <li>Tosse e irritação dos olhos e vias respiratórias;</li> <li>Morte das plantas.</li> </ul>
Clorofluorcarbonetos CFC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Frigoríficos e arcas congeladoras;</li> <li>Sprays (aerossóis)</li> </ul> <p>Atualmente, o uso destes compostos está proibido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Destruição da camada de ozônio estratosférico;</li> <li>Agravamento do efeito de estufa;</li> <li>Reações alérgicas.</li> </ul>
Compostos orgânicos voláteis (COV)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Queima de combustíveis fósseis (circulação de veículos);</li> <li>Indústrias (tintas e vernizes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formação do nevoeiro fotoquímico (smog);</li> <li>Agravamento do efeito de estufa (<math>\text{CH}_4</math>);</li> <li>Reações alérgicas;</li> <li>Dores de cabeça, náuseas e fadiga.</li> </ul>
Matéria particulada (MP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combustões incompletas (naturais ou antropogênicas);</li> <li>Indústria (tintas, cimentos, ...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reações alérgicas;</li> <li>Irritação dos olhos e vias respiratórias; bronquites.</li> </ul>

## Camadas da atmosfera

### Troposfera

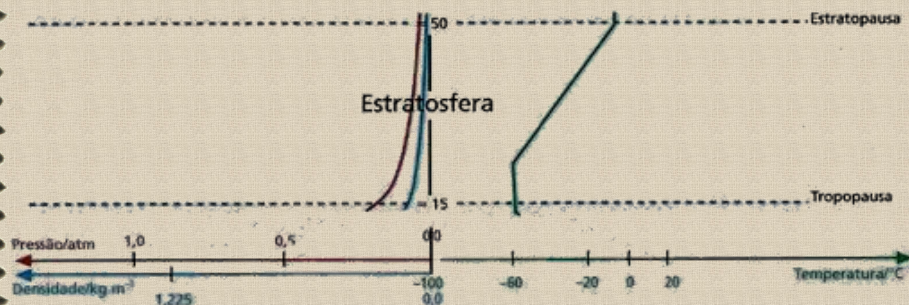
- ❖ A espessura varia entre 8 km nos polos e 16 km no equador;
- ❖ 80% da massa total da atmosfera e praticamente todo o vapor de água;
- ❖ O ar junto ao solo está a uma temperatura superior devido à emissão de radiação infravermelha pela superfície terrestre. À medida que a altitude aumenta, a pressão diminui, o ar expande-se e a temperatura diminui.
- ❖ Predomina o efeito térmico.
- ❖ Ocorrem os fenômenos meteorológicos, consequência das correntes de convecção, fator que também assegura uma homogeneização da sua composição;
- ❖ Circulam os aviões comerciais.





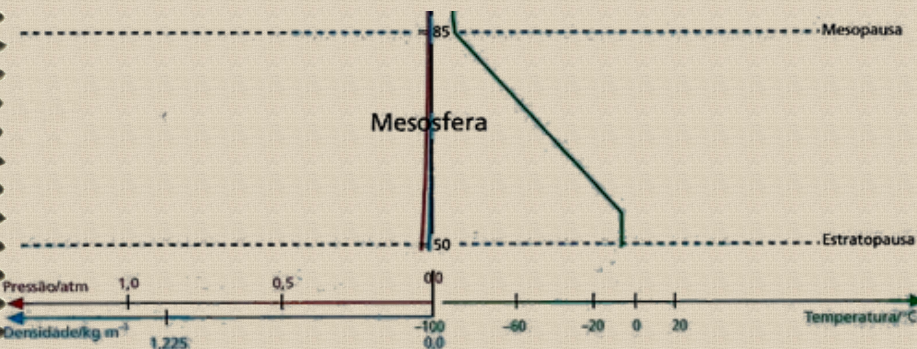
## Estratosfera

- ❖ Situada entre os 12 km e 50 km;
- ❖ Acumulam-se diferentes gases, em especial, o ozono, que forma uma camada que filtra as radiações UV mais energéticas;
- ❖ A filtração destas radiações pelo ozono, tem como consequência a sua transformação em oxigênio → reação muito exotérmica (libertação de calor);
- ❖ Esta libertação de calor provoca um aumento da temperatura com a altitude de -60 °C até cerca de 0 °C (efeito químico).



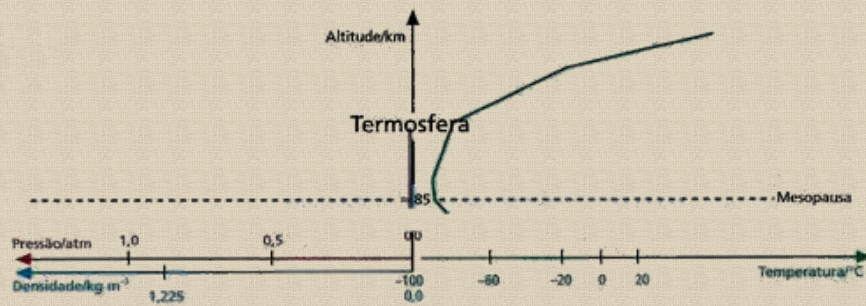
## Mesosfera

- ❖ Situada entre aproximadamente os 50 e os 80 km;
- ❖ Baixa concentração de espécies químicas que absorvem radiação ultravioleta;
- ❖ A temperatura diminui com a altitude, consequência da distância do planeta, fonte de energia térmica e da fraca absorção da radiação solar;
- ❖ Os efeitos químicos e térmicos da radiação não são significativos;
- ❖ Camada mais fria que pode atingir temperaturas de -100 °C aos 80 km.



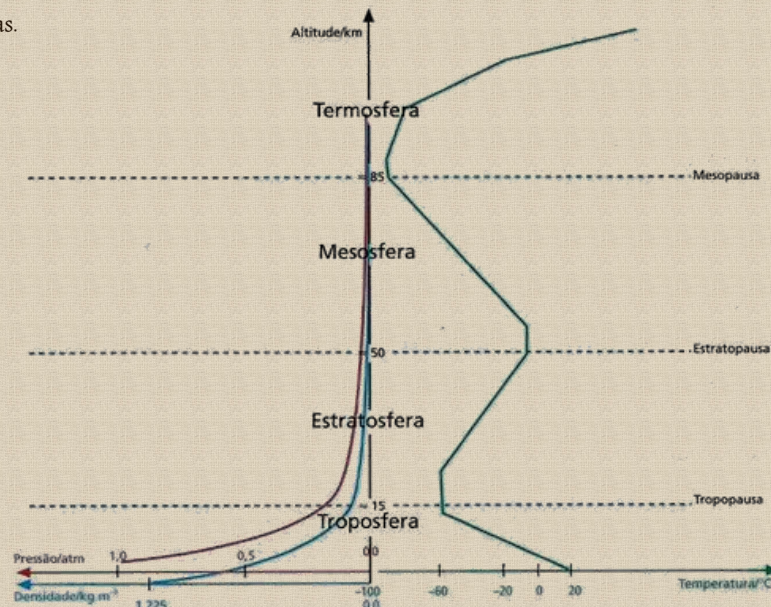
## Termosfera

- ❖ Ar muito rarefeito;
- ❖ A temperatura aumenta significativamente com a altitude, podendo atingir 1000 °C;
- ❖ Absorção de radiação UV extremamente energética por espécies químicas que sofrem ionização e dissociação seguida de ionização.
- ❖ Efeitos térmicos e químicos da radiação;
- ❖ Órbitas estacionárias do vaivém espacial.



## Atmosfera: temperatura, pressão e densidade

Tendo em conta as variações de temperatura com a altitude, a atmosfera divide-se em quatro camadas.







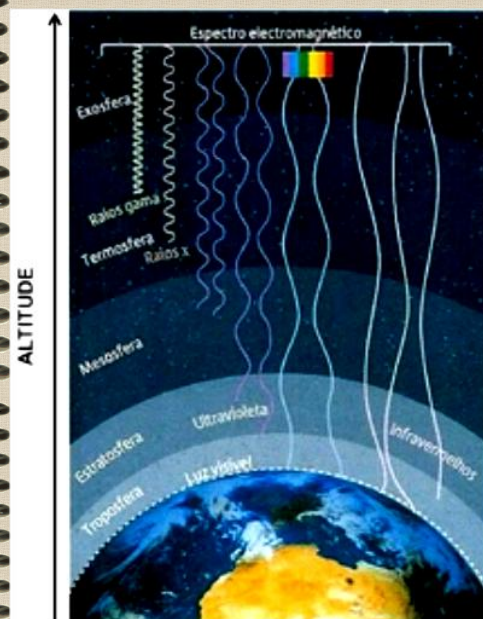
## POWERPOINT 2

### Interação radiação – matéria



- ❖ Toda a energia que chega à Terra é proveniente do Sol.
- ❖ A **absorção** de **energia** pode:
  - ❖ **Ionizar** átomos/moléculas  $\Rightarrow$  radiação ultravioleta (UV) mais energética;
  - ❖ **Dissociar** moléculas  $\Rightarrow$  radiação UV e radiação visível;
  - ❖ **Excitar os elétrons** dos átomos/moléculas  $\Rightarrow$  ultravioleta (UV) radiação visível (V) e infravermelha (IV);
- ❖ Ocorrem transformações químicas quando as partículas existentes na atmosfera absorvem radiação  $\Rightarrow$  **Reação Fotoquímica:**
  - ❖ **Fotoionização**  $\Rightarrow$  energia absorvida > energia de ionização
  - ❖ **Fotodissociação** ou **fotólise** (ligação entre os átomos da molécula quebra-se).

## Interação radiação – matéria



Radiação absorvida		Exemplo de espécies absorventes	Exemplos de espécies formadas
Tipo	Energia (J)		
Raios gama	$> 9,9 \times 10^{-19} \text{ J}$	$\text{O}_2$ $\text{N}_2$ $\text{O}^\bullet$	$\text{O}_2^+$ $\text{N}_2^+$ $\text{O}^{+}$
Raios X			
UV-C	$7,1 \times 10^{-19} \text{ J}$ a $9,9 \times 10^{-19} \text{ J}$	$\text{O}_3$	$\text{O}^\bullet$ $\text{OH}^\bullet$ $\text{CH}_3^\bullet$
UV-C UV-B	$6,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ a $7,1 \times 10^{-19} \text{ J}$		
UV-A IV	$< 6,6 \times 10^{-19} \text{ J}$	$\text{O}_2$ $\text{N}_2$ $\text{CH}_4$ $\text{CH}_3\text{Br}$ $\text{CH}_3\text{Cl}$ $\text{ClO}$ $\text{HCl}$ $\text{BrO}$	$\text{N}^\bullet$ $\text{Br}^\bullet$ $\text{Cl}^\bullet$

## Troposfera e Estratosfera

- ❖ Radiações com energia suficiente para dissociar a maioria das moléculas  $\Rightarrow$  formam-se radicais livres.

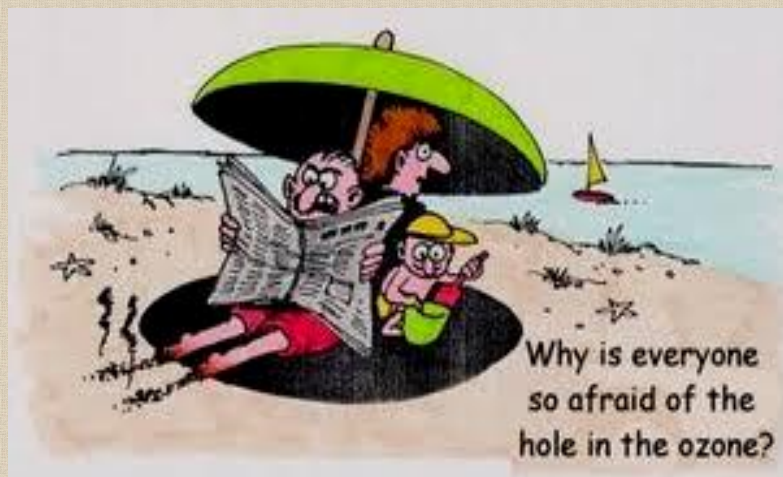
## Termosfera e Mesosfera

- ❖ Radiações mais energéticas  $\Rightarrow$  formam-se iões;
- ❖ Dissociação das moléculas de  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$  e a formação de radicais livres  $\text{N}^\bullet$  e  $\text{O}^\bullet$ ;
- ❖ Ionização das partículas existentes, formando-se  $\text{N}_2^+$  e  $\text{O}_2^+$ , mas também  $\text{O}^{+}$ ;
- ❖ Verifica-se um aumento da energia cinética das partículas, o que se traduz numa temperatura mais elevada;

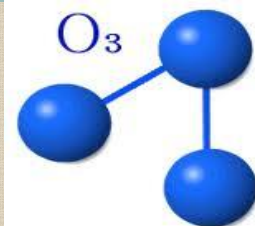
## RADICAIS LIVRES

- ❖ Formam-se quando moléculas ou átomos absorvem radiação UV e visível;
- ❖ Estas partículas ...:
  - ❖ ... têm um período de vida muito curto (10  $\mu$ s a 10 ms);
  - ❖ ... são altamente instáveis;
  - ❖ ... são altamente reativas;
  - ❖ ... partículas sem carga
- ❖ Efeito dos radicais livres na saúde:
  - ❖ Envelhecimento precoce;
  - ❖ Promovem o aparecimento ou desenvolvimento de algumas doenças (cancro, diabetes, asma,...);
  - ❖ Aceleram lesões cerebrais causadas pela idade.

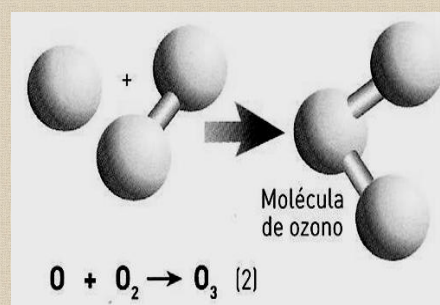
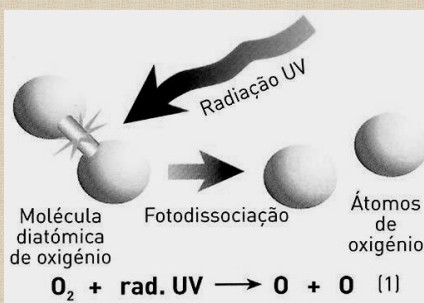
## Ozono na Estratosfera



- ❖ O ozono é um gás azul;
- ❖ Altamente instável e muito tóxico;
- ❖ O ozono ocorre naturalmente na estratosfera;
- ❖ A sua inalação, mesmo em quantidades pequenas, pode ser mortal para o Homem;
- ❖ É fundamental na proteção da vida na Terra pois absorve as radiações UV mais energéticas do Sol;
- ❖ A camada de ozono estratosférico atua com filtro protetor das radiações solares com  $\lambda < 280\text{nm}$ , radiações incompatíveis com a vida.



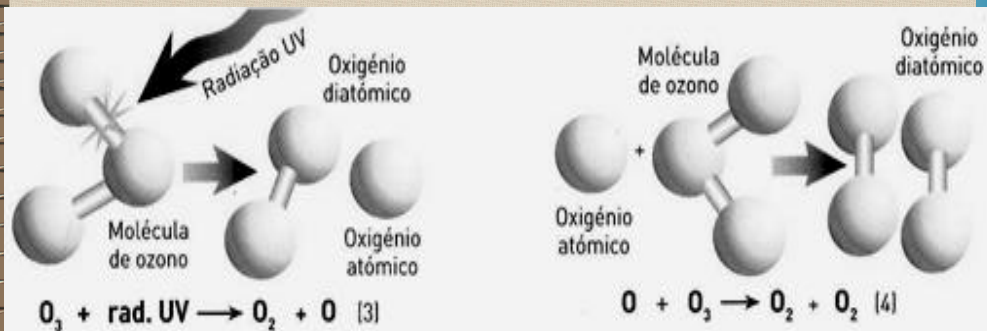
## Formação do Ozono Estratosférico



O processo de formação natural do ozono pode ser traduzido pela equação global  $3 \text{O}_2 + \text{radiação UV} \rightarrow 2 \text{O}_3$



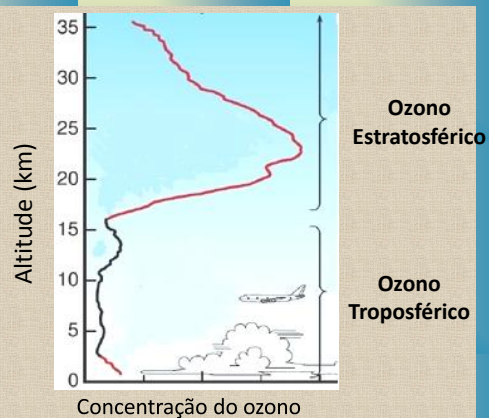
## Decomposição do Ozono Estratosférico



O processo de decomposição natural do ozono pode ser traduzido pela equação global



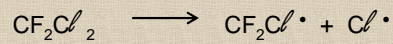
- ❖ A concentração em ozono não é uniforme em toda a atmosfera, variando com a altitude e atingindo um máximo a aproximadamente a 25 km de altitude.



- ❖ Este equilíbrio tem sido perturbado pela emissão de **origem antropogénica** de:
  - ❖ CFC (clorofluorcarbonetos ou fréons) com flúor ou cloro ( $\text{CCl}_3\text{F}$  ou  $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ );
  - ❖ Compostos halogenados (com Cl e Br);
  - ❖ solventes como o  $\text{CCl}_4$  (tetracloreto de carbono) ou o benzeno.

## Como atuam os CFC?

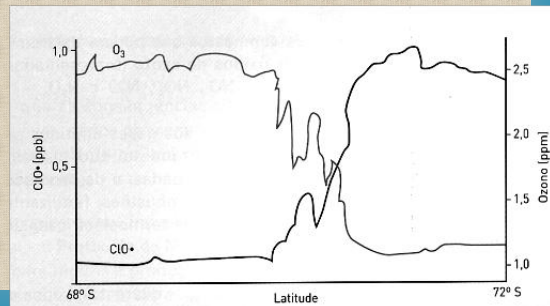
- ❖ Compostos muito estáveis;
- ❖ Chegam à estratosfera sem sofrerem qualquer reação. Ao absorverem radiação UV, decompõe-se libertando radicais livres  $\text{Cl}^\bullet$ :



- ❖ Os radicais cloro reagem com o ozono:  $\text{Cl}^\bullet + \text{O}_3 \longrightarrow \text{ClO}^\bullet + \text{O}_2$

- ❖ A velocidade destas reações de decomposição do ozono é maior do que a velocidade de formação do ozono  $\Rightarrow$  o equilíbrio dinâmico é alterado e a concentração do ozono diminui.

- ❖ O radical  $\text{Cl}^\bullet$  é recuperado pela reação:



Por que razão a diminuição da camada de ozono estratosférico é tão acentuada no Pólo Sul?



## Implicações da destruição da camada de ozono

- ❖ Queimaduras solares (efeito agudo);
- ❖ Aumento da incidência do cancro da pele;
- ❖ Danos nos olhos e aparecimento de cataratas;
- ❖ Envelhecimento precoce;
- ❖ Afetação do sistema imunológico;
- ❖ Desaparecimento das espécies e aparecimento de mutações genéticas;
- ❖ Alterações climáticas.



## Alternativa aos CFC

Alternativa aos CFC	Vantagens	Desvantagens
<b>HCFC</b> (Hidroclorofluorcarbonetos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradam-se mais depressa (2-20 anos).</li> <li>▪ 90% menos perigosos para a camada de ozono.</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, ar condicionado, espumas e agentes de limpeza (com restrições).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gases de efeito estufa.</li> <li>▪ Decompõem o ozono estratosférico.</li> <li>▪ Baixam eficiência energética das suas aplicações.</li> <li>▪ Podem causar tumor no pâncreas.</li> </ul>
<b>HFC</b> (Hidrocarbonetos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Degradam-se mais depressa (2-20 anos).</li> <li>▪ Não contêm cloro que decompõe o ozono.</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, ar condicionado e espumas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gases de efeito estufa.</li> <li>▪ Baixam eficiência energética das suas aplicações.</li> </ul>
<b>Hidrocarbonetos</b> (propano, butano)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baratos e de aplicação fácil.</li> <li>▪ Podem ser utilizados em <i>sprays</i>, refrigeração, espumas e agentes de limpeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Podem ser tóxicos.</li> <li>▪ São inflamáveis.</li> <li>▪ Provocam poluição ao nível do solo.</li> </ul>
<b>Amoníaco</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Largamente utilizado antes do aparecimento dos CFC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tóxico por inalação.</li> </ul>
<b>Hélio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eficazes na refrigeração em frigoríficos, arca frigoríficas e ares condicionados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pode tornar-se escasso se utilizado em larga escala.</li> </ul>





## **APÊNDICE D**

---

### **INSTRUMENTOS DA AVALIAÇÃO**



## INSTRUMENTO DA AVALIAÇÃO DO TRABALHO DE GRUPO

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Responsabilização pelos papéis/tarefas atribuídos</b>	Não desempenha nenhum dos papéis/tarefas que lhe foram atribuídos, tendo os colegas de realizar a sua parte	Raramente desempenha os papéis/tarefas que lhe foram atribuídos; precisa que lhe recordem frequentemente os seus deveres	Normalmente cumpre o seu trabalho; raramente precisa que lhe recordem os seus deveres	Cumpr sempre o seu trabalho sem necessitar que lhe recordem os seus deveres.	___/4
<b>Tipo de intervenção pessoal</b>	Raramente apresenta ideias úteis durante a realização do trabalho de grupo. Não acompanha a evolução do trabalho	Colabora esporadicamente e, por vezes, distrai-se das tarefas que os elementos do grupo estão a desenvolver	Colabora, sendo responsável pelas tarefas que lhe são atribuídas	Colabora em todas as tarefas e estimula a participação dos colegas. Contribui de forma decisiva para o produto final	___/4
<b>Relação que estabelece com os outros</b>	Demonstra apatia ou liderança autoritária, contribuindo de forma negativa para o grupo	Demonstra algum interesse, embora não interfira na dinâmica do grupo	Demonstra interesse pela dinâmica do grupo, contribuindo para trabalho	Interage com os outros ou lidera de forma a valorizar o trabalho dos elementos do grupo	___/4
<b>Tomada de decisões</b>	Não tenta resolver os problemas nem ajuda os seus colegas a resolvê-los	Não sugere nem melhora soluções, mas está disposto a experimentar as soluções propostas pelos colegas	Melhora as soluções apresentadas pelos colegas	Procura ativamente e propõe soluções para os problemas em causa	___/4
<b>Gestão do tempo</b>	Não conclui as tarefas solicitadas dentro do prazo estabelecido	Tende a adiar a conclusão das suas tarefas, colocando em causa a qualidade do trabalho final	Tende a adiar a conclusão das suas tarefas mas consegue cumprir os prazos	Gere bem o tempo e assegura a conclusão das suas tarefas dentro do prazo estipulado	___/4
<b>Participação oral</b>	Não interage ou está sempre a falar e não permite que mais ninguém fale	Está sempre a falar e raramente permite que mais alguém fale	Ouve mas, em algumas situações, fala demais	Ouve e fala de forma equilibrada.	___/4
<b>Total</b>					___/24

(Adaptado de Galvão et al., 2006, p. 37)



## INSTRUMENTO DA AVALIAÇÃO DA COMUNICAÇÃO À TURMA

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Correção científica</b>	Apresentação com várias incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação com algumas incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação reveladora de um excelente domínio de conceitos e informações.	___/4
<b>Justificação da argumentação</b>	Os elementos do grupo não estão suficientemente preparados para defender aspetos do seu trabalho. Não possuem conhecimentos suficientes e/ou as competências necessárias.	Vários elementos do grupo têm um conhecimento deficiente do conteúdo do seu trabalho ou são incapazes de justificar os argumentos.	A maioria dos elementos do grupo revela um bom conhecimento do conteúdo do seu trabalho e de justificação de argumentação.	Todos os elementos do grupo revelam um conhecimento profundo do conteúdo do seu trabalho e justificação de argumentação.	___/4
<b>Correção do discurso</b>	Dificuldade de discurso e incorreções gramaticais de pronúncia e de linguagem científica.	Lapsos gramaticais e dificuldades de pronúncia e de linguagem científica.	Discurso bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de linguagem científica.	Discurso muito bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de linguagem científica.	___/4
<b>Articulação entre os elementos do grupo</b>	Não existe qualquer articulação entre os vários elementos do grupo. A apresentação é desorganizada.	Fraca articulação entre os vários elementos do grupo. Torna-se evidente que alguns elementos não prepararam a apresentação.	Boa articulação entre os vários elementos do grupo.	Excelente articulação entre os vários elementos do grupo. Apresentação lógica e muito bem organizada.	___/4
<b>Clareza e objetividade</b>	Exposição pouco clara, pouco objetiva e sem evidenciar os aspetos fundamentais.	Exposição clara, mas pouco objetiva. São apresentados aspetos que saem fora do âmbito de estudo.	Exposição clara, mas com alguns aspetos supérfluos.	Exposição clara, objetiva e com evidenciação dos aspetos fundamentais.	___/4
<b>Apresentação da informação</b>	A informação é lida em vez de ser apresentada.	A maior parte da informação é lida em vez de ser apresentada.	A informação é apresentada mas acompanhada da leitura de algumas notas.	A apresentação é apresentada e não lida.	___/4

(continuação)

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Capacidade de suscitar interesse</b>	Apresentação com percalços e ineficaz na captação da atenção, não despertando o interesse da audiência.	Apresentação com alguns percalços e nem sempre eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência.	Apresentação com alguns percalços e eficaz na captação da atenção, despertando o interesse da audiência.	Apresentação bem ensaiada, sem percalços e eficaz na captação da atenção, despertando o interesse da audiência.	___/4
<b>Suporte audiovisual</b>	Não utiliza qualquer elemento audiovisual para apoiar ou realçar o conteúdo da apresentação (imagens, esquemas, gráficos; vídeos).	Utiliza alguns elementos audiovisuais de fraca qualidade	Utiliza elementos audiovisuais de qualidade mas não os explora adequadamente.	Utiliza elementos audiovisuais de qualidade e explora-os de forma adequada para realçar o conteúdo da apresentação.	___/4
<b>Criatividade</b>	Apresentação nada criativa quer ao nível da metodologia quer dos materiais utilizados.	Apresentação pouco criativa ao nível da metodologia e dos materiais utilizados.	Apresentação com vários aspetos criativos ao nível da metodologia e dos materiais utilizados.	Apresentação extremamente criativa tanto ao nível da metodologia como dos materiais utilizados.	___/4
<b>Gestão do tempo</b>	Não respeita o tempo estipulado para a apresentação, ultrapassando-o largamente por excesso ou defeito.	A apresentação ultrapassa consideravelmente o período temporal que lhe estava destinado.	A apresentação ultrapassa ligeiramente o período temporal que lhe estava destinado.	Ótima gestão do tempo disponível.	___/4
<b>Utilização da voz</b>	Discurso inaudível, com voz monótona e sem expressividade.	Discurso com grandes oscilações no volume de voz, mas sem expressividade.	Discurso audível durante a maior parte da apresentação e com expressividade.	Discurso audível durante toda a apresentação, boa articulação de voz e com expressividade.	___/4
Total					___/44

(Adaptado de Galvão et al., 2006, p. 40)

## INSTRUMENTO DA AVALIAÇÃO DA DISCUSSÃO EM TURMA

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Correção científica</b>	Apresentação com várias incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação com algumas incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Apresentação reveladora de um excelente domínio de conceitos e informações.	___/4
<b>Integração dos conhecimentos construídos</b>	A discussão não integra conhecimentos construídos durante o trabalho em grupo e individual	A discussão integra alguns conhecimentos construídos durante o trabalho em grupo e individual, mas de forma pouco inter-relacionada	A discussão integra alguns conhecimentos construídos durante o trabalho em grupo e individual, de forma inter-relacionada	A discussão integra conhecimentos construídos durante o trabalho em grupo e individual de forma inter-relacionada e criativa	___/4
<b>Relevância do conteúdo</b>	Não responde a nenhuma das questões propostas; a informação recolhida não se relaciona com o tema da discussão	Responde apenas a algumas das questões propostas; a informação recolhida tem pouca relação com o tema da discussão	Responde a todas as questões propostas. A informação recolhida está relacionada com o tema da discussão	Responde a todas as questões propostas e apresenta outros factos interessantes que enriquecem a discussão	___/4
<b>Apresentação da informação</b>	A informação é lida em vez de ser apresentada.	A maior parte da informação é lida em vez de ser discutida.	A informação é discutida mas acompanhada da leitura de algumas notas.	A discussão é apresentada e não lida.	___/4
<b>Correção do discurso</b>	Dificuldade de discurso e incorreções gramaticais de pronúncia e de linguagem científica.	Lapsos gramaticais e dificuldades de pronúncia e de linguagem científica.	Discurso bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de linguagem científica.	Discurso muito bem articulado e sem incorreções gramaticais ou de pronúncia e de linguagem científica.	___/4
<b>Capacidade de argumentação</b>	Não argumenta, não defende os seus pontos de vista nem questiona os colegas	Argumentação pouco relevante para a discussão. Não questiona os colegas	Argumentação relevante para a discussão. Questiona os colegas	Argumentação relevante para a discussão com apresentação de factos interessantes. Questiona os colegas sendo essencial para a discussão	___/4



(continuação)	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Capacidade de suscitar interesse</b>	Discussão com percalços e ineficaz na captação da atenção, não despertando o interesse da audiência.	Discussão com alguns percalços e nem sempre eficaz na captação da atenção e do interesse da audiência.	Discussão com alguns percalços e eficaz na captação da atenção, despertando o interesse da audiência.	Discussão bem ensaiada, sem percalços e eficaz na captação da atenção, despertando o interesse da audiência.	___/4
<b>Relação que estabelece com os outros</b>	Demonstra apatia ou liderança autoritária, não respeitando as opiniões dos outros, contribuindo de forma negativa para a discussão	Demonstra algum interesse, embora não interfira na dinâmica da discussão	Demonstra interesse pela dinâmica da discussão mostrando respeito pelas opiniões dos outros	Interage e mostra respeito, valorizando a opinião dos outros. contribui de forma decisiva a para discussão.	___/4
<b>Utilização da voz</b>	Discurso inaudível, com voz monótona e sem expressividade.	Discurso com grandes oscilações no volume de voz, mas sem expressividade.	Discurso audível durante a maior parte da apresentação e com expressividade.	Discurso audível durante toda a apresentação, boa articulação de voz e com expressividade.	___/4
<b>Total</b>					___/36

(Adaptado de Galvão et al., 2006, p. 85)

## INSTRUMENTO DA AVALIAÇÃO DE UMA TAREFA DE INVESTIGAÇÃO

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Planificação</b>	Não tem grande ideia como resolver o problema. Necessita de muita ajuda	Plano pouco eficaz, a necessitar de grande reformulação.	Plano bem apresentado mas a necessitar de algumas reformulações. Compreende a formulação geral do problema mas não discute criticamente	Plano de investigação claro, conciso e completa.	___/4
<b>Concretização</b>	Não pesquisa a informação de forma correta nem é capaz de a seleccionar. Revela grande dificuldade na recolha de dados mesmo com acompanhamento	É capaz de pesquisar informação e seleccionar informação, no entanto tem que ter orientação explícita para o fazer	Pesquisa e selecciona informação corretamente	Pesquisa e selecciona informação de forma correta e consistente sem necessitar de qualquer ajuda	___/4
<b>Análise da situação de aprendizagem</b>	É incapaz de ir além dos dados recolhidos	É capaz de organizar os dados recolhidos quando tem indicações para o fazer e apenas dá respostas específicas	É capaz de organizar e interpretar os dados recolhidos de forma correta, mas não reconhece os limites e constrangimentos de generalização	Organiza e interpreta a informação recolhida de forma correta e consistente, fazendo generalizações dentro dos limites aceitáveis	___/4
<b>Aplicação da situação a outros assuntos e contextos</b>	É incapaz de qualquer aplicação e relacionar com novas situações. Necessita de grande orientação	Só relaciona as conclusões com outros assuntos e áreas quando questionado especificamente	Relaciona conclusões com outros temas e estudos anteriores, mas propõe aplicações apenas em áreas relacionadas	Relaciona as conclusões com outros temas e modelos. Sugere aplicações apropriadas e propõe outras investigações	___/4
<b>Total</b>					___/16

(Adaptado de Galvão et al., 2006, p. 67)

## INSTRUMENTO DA AVALIAÇÃO DA NOTÍCIA

	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Correção científica</b>	Notícia com várias incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Notícia com algumas incorreções ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Notícia sem qualquer incorreção ao nível dos conceitos e/ou das informações.	Notícia reveladora de um excelente domínio de conceitos e informações.	___/4
<b>Manifestação dos conhecimentos integrados na notícia</b>	A notícia não integra conceitos científicos	A notícia integra alguns conceitos científicos mas de forma dispersa.	A notícia integra alguns conceitos científicos de forma coerente	A notícia integra conceitos científicos desenvolvendo-os de forma coerente.	___/4
<b>Informação</b>	Notícia com informação nada relevante e escassa.	Notícia com informação pouco relevante.	Notícia com informação relevante.	Notícia com informação muito relevante e variada.	___/4
<b>Interações CTSA</b>	Na notícia não se estabelecem interações CTSA.	Na notícia estabelecem-se algumas interações CTSA mas ignora-se a influência da sociedade sobre a atividade científica e tecnológica.	Na notícia apresentam-se alguns exemplos de interação CTSA.	Na notícia estabelecem-se relações CTSA de forma consistente e complexa.	___/4
<b>Clareza e objetividade</b>	Notícia pouco clara, pouco objetiva e sem evidenciar os aspetos fundamentais.	Notícia clara, mas pouco objetiva. São apresentados aspetos que saem fora do âmbito de estudo.	Notícia clara, mas com alguns aspetos supérfluos.	Notícia clara, objetiva e com evidenciação dos aspetos fundamentais.	___/4
<b>Estruturação do texto e utilização da linguagem científica</b>	Texto sem estrutura definida, com ideias desconexas e confusas.	Texto estruturado mas sem sequência onde não se utiliza a linguagem científica.	Texto estruturado e com sequência, ideias bem encadeadas, mas com desadequação de linguagem científica.	Texto bem estruturado, com ideias encadeadas e utilizando linguagem científica.	___/4
<b>Qualidade ortográfica e de construção frásica</b>	Frases mal construídas e com erros ortográficos.	Algumas frases mal construídas e com alguns erros ortográficos.	Frases bem construídas com alguns erros ortográficos.	Frases bem construídas e sem erros ortográficos.	___/4
<b>Capacidade de suscitar interesse</b>	Notícia pouco interessante e que não desperta interesse.	Notícia que nem sempre é eficaz na captação da atenção e do interesse.	Notícia interessante e que desperta o interesse.	Notícia muito interessante e eficaz na captação da atenção.	___/4

(continuação)	Descritores de desempenho				Pontos
	1	2	3	4	
<b>Utilização de imagens</b>	Notícia sem qualquer imagem para apoiar ou realçar o conteúdo da notícia.	Notícia com imagem, mas que não se relaciona com os conteúdos apresentados.	Notícia com imagem relacionada com os conceitos abordados na notícia mas que não é devidamente explorada.	Notícia com imagem relacionada com os conceitos abordados e explorada de forma adequada.	___/4
<b>Criatividade</b>	Notícia nada criativa.	Notícia pouco criativa.	Notícia com vários aspetos criativos.	Notícia extremamente criativa.	___/4
<b>Total</b>					___/40



## **APÊNDICE E**

---

### **GUIÃO DA ENTREVISTA EM GRUPO FOCADO**



Quadro A.2

*Dimensões e objetivos considerados na elaboração do guião da entrevista em grupo focado aos alunos.*

Dimensão	Objetivo	Questões
<b>Avaliação das aulas</b>	Conhecer a avaliação que os alunos fazem do uso da abordagem CTSA nas aulas sobre o tema “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gostaram das aulas? Por que razão?</li> <li>2. Das tarefas desenvolvidas nas aulas, qual ou quais mais gostaram? Porquê? E as que gostaram menos? Porquê?</li> <li>3. No final de cada tarefa realizaram uma autoavaliação das aprendizagens realizadas e do trabalho desenvolvido. Consideram importante a autoavaliação que fizeram? Porquê?</li> </ol>
<b>Aprendizagens realizadas pelos alunos</b>	Reconhecer as principais aprendizagens realizadas pelos alunos durante a realização das tarefas de investigação.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Consideram que estas tarefas contribuíram para a vossa aprendizagem sobre o tema “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura”? Como?</li> <li>5. Em que medida as tarefas desenvolvidas são ou não úteis para a vossa aprendizagem?</li> <li>6. Como consideram que aprenderam mais? <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Foi ao ver o vídeo?</li> <li>b) Foi ao ler as notícias e os textos de apoio?</li> <li>c) Foi ao pesquisar a informação e a sintetizá-la?</li> <li>d) Foi com a elaboração das respostas escritas ou das notícias?</li> <li>e) Foi com a organização e concretização de um plano de ação?</li> <li>f) Foi a trabalhar em grupo?</li> <li>g) Foi durante as discussões em aula?</li> </ol> </li> <li>7. Consideram que as aprendizagens realizadas são importantes? Em que medida?</li> <li>8. Consideram que os assuntos que foram abordados nas aulas estão relacionados com situações concretas do vosso dia-a-dia? Podem dar alguns exemplos.</li> </ol>



		<p>9. Que relações estabelecem entre o que foi trabalhado nas aulas de Física e Química A e a tecnologia, ambiente e sociedade.</p> <p>10. Refiram de que forma o que aprenderam nas aulas de Física e Química A influencia a vossa compreensão sobre o tema “Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura” quando veem televisão ou leem textos de jornais/revistas?</p>
<b>Dificuldades sentidas pelos alunos</b>	Compreender as principais dificuldades sentidas pelos alunos durante a realização das tarefas de investigação.	<p>11. Quais foram as principais dificuldades que sentiram durante a realização das tarefas?</p> <p>12. Como evoluíram essas dificuldades? Aumentaram? Diminuíram?</p>
<b>Estratégias utilizadas pelos alunos para resolverem as tarefas</b>	Conhecer as principais estratégias utilizadas pelos alunos para resolverem as tarefas	<p>13. Que estratégias utilizaram para resolver as tarefas?</p> <p>14. Que outras estratégias poderiam ter utilizado para conseguirem realizar uma aprendizagem mais eficaz?</p> <p>15. O que alterariam nas tarefas desenvolvidas? Porquê?</p>



